อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาด เพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ ภายใต้เงื่อนไข ความชันเริ่มต้นและสุดท้ายเป็นศูนย์

Design, Analysis and Created speed bump profile to minimize damage to the vehicle by zero initial and final slope condition

นายกมล แก้วพัด

นายสรวีย์ พรหมเสน

นายสุทธิพงศ์ เนืองศิลป

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 1 มิ.ย. 2558
เลขทะเบียน 191620 X
เลขเรียกหนังสือ

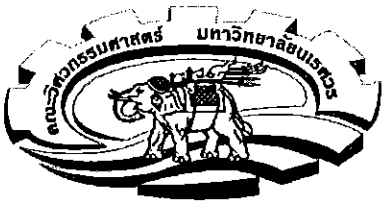
ปร
ก 131 ก
2558

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2558



ใบรับรองโครงงาน

ชื่อหัวข้อโครงงาน การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ ภายใต้เงื่อนไข ความชันเริ่มต้นและสุดท้ายเป็นศูนย์

ผู้ดำเนินโครงงาน

นายกมล	แก้วพัด	รหัสนิสิต 55360635
นายสรวีย์	พรหมเสน	รหัสนิสิต 55360796
นายสุทธิพงศ์	เนืองศิลป	รหัสนิสิต 55360802

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2558

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ

(อาจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	: การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ ภายใต้เงื่อนไข ความชันเริ่มต้นและสุดท้ายเป็นศูนย์
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายกมล แก้วพัด รหัสนิสิต 55360635
	: นายสรวีย์ พรหมเสน รหัสนิสิต 55360796
	: นายสุทธิพงศ์ เนืองศิลป รหัสนิสิต 55360802
ที่ปรึกษาโครงงาน	: อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2558

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมักมีกลุ่มคนที่ขับรถเร็วเกินกำหนดในสถานที่ต่างๆที่มีการจำกัดความเร็วไว้ เช่น เขตชุมชนบริเวณซอยแคบซึ่งทำให้มีการสร้างสันชะลอความเร็วเพื่อบังคับให้ผู้ขับรถต่างๆต้องชะลอความเร็วของรถยนต์ลงแต่การสร้างสันชะลอความเร็วโดยปราศจากความรู้ทำให้ผู้ขับรถได้รับผลกระทบและความเดือดร้อนเนื่องจากสันชะลอความเร็วมีขนาดที่ไม่เหมาะสมถึงแม้จะขับรถด้วยความเร็วต่ำเพียงใดก็ยังได้รับแรงสะเทือนตามไปด้วยอีกทั้งยังส่งผลเสียต่อระบบและอุปกรณ์ของรถยนต์เช่นลูกหมากลูกปืนสปริงโช้คอัพและระบบช่วงล่างต่าง ๆ ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านี้สั้นลงสันชะลอความเร็วเป็นสิ่งก่อสร้างทางจราจรชนิดหนึ่งมีหน้าที่บังคับให้ผู้ขับรถลดความเร็วของรถยนต์ลงขณะขับผ่านโดยสันชะลอความเร็วมักถูกสร้างหรือติดตั้งอยู่ตามทางร่วมทางแยกหรือในบริเวณที่มีผู้คนเดินสัญจรไปมาตลอดเช่นชุมชนหมู่บ้านสถานที่ราชการสถานศึกษาสำหรับสันชะลอความเร็วที่เราเห็นโดยทั่ว ๆ ไปนั้นมักจะเป็นการสร้างกันเองซึ่งไม่ค่อยจะได้มาตรฐานคือมีทั้งที่สูงมากหรือยาวเกินไปจนอาจจะเกิดปัญหาขูดกับชิ้นส่วนใต้ท้องรถได้

ดังนั้นกลุ่มของข้าพเจ้าจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการออกแบบสันชะลอความเร็วเพื่อให้ได้ขนาดและมาตรฐานตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็วของกรมโยธาธิการและผังเมืองโดยการศึกษาลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วชนิดต่าง ๆ เพื่อทำการวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นต่อรถยนต์กับสันชะลอความเร็วแบบต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink) และเลือกขนาดของสันชะลอความเร็วที่ก่อให้เกิดแรงกระแทกต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์น้อยที่สุด โดยเป็นการนำทฤษฎี Genetic Algorithm มาช่วยในการวิเคราะห์ผล อีกทั้งนำมาผลิตจริงตามลักษณะของสันชะลอที่ออกแบบและวิเคราะห์ไว้ข้างต้น

จากการวิเคราะห์แรงโดยกำหนดรูปแบบความโค้งลักษณะต่าง ๆ พบว่ารูปแบบพาราโบลาต่อพาราโบลาจะให้แรงน้อยที่สุดคือ 471.092 นิวตัน และรูปแบบวงกลมต่อวงกลมจะให้แรงออกมามากที่สุดคือ 881.062 นิวตัน จึงได้นำรูปแบบพาราโบลาต่อพาราโบลามาผลิตและนำมาทดสอบแรง

โดยใช้รถยนต์ยี่ห้อ Mazda 2 ในการทดสอบ โดยวิธีการทดสอบคือนำรถวิ่งผ่านสันชะลอความเร็วโดยใช้ความเร็วประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และนำผลของแรงที่เกิดขึ้นมาเปรียบเทียบกับสันชะลอความเร็วที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปตามท้องถนน พบว่าสามารถลดแรงกระแทกหรือแรงกระทำในแนวดิ่งลงได้ประมาณ 68 % ซึ่งเป็นการลดความเสียหายเนื่องจากแรงกระแทกที่สันชะลอความเร็วกระทำต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์ได้

Project Title : Design, Analysis and Created speed bump profile to minimize damage to the vehicle by zero initial and final slope condition

Name : Mr. Kamon Kaewpud ID : 55360635

: Mr. Soravee Promsen ID : 55360796

: Mr. Suttipong Nuangsin ID : 55360802

Project Advisor : Mr. Surajed Sookchaiyaporn

Academic Year : 2015

Abstract

Nowadays, some people drive too fast in places where speed limit is needed, such as in the communities and along narrow alleys. This results in the building of speed bumps which forces drivers to slow their vehicle down. However, building speed bumps without accurate knowledge can affect the vehicles. Vehicles can be damaged because the size of speed bumps is not suitable, even though the drivers are driving at low speed. The systems and equipment of the vehicles such as ball points, bearings, springs, shock absorbers and suspension system can be destroyed. Speed bumps are traffic calming devices that use vertical deflection to slow motor-vehicle traffic in order to improve safety conditions. Speed bumps. Speed humps are typically placed or installed between intersections, on residential roads, on government office roads, on educational institute campus. Most speed bumps found are the ones people in the community made themselves, which do not meet the standards. The speed bump height and length do not meet the standards, causing the scrapes on the lower parts underneath the vehicles.

Therefore, our group perceived the importance of designing speed bumps to meet the standards determined by the Department of Public Works and Town & Country Planning. We studied the curvature of different types of speed bumps, in order to analyze the forces of the vehicle and the different designs of speed bumps by using MATLAB (Simulink). After that, we selected the speed bump design that caused the least shocks to the suspension of the vehicles. We carried out the analysis by using Genetic Algorithm theory. Then, we applied the analysis result to make speed bumps.

The curve feature analysis showed that the curve that formed a parabola on parabola gave the least force of 471.092 Newtons. The curve that formed a circle on

circle gave the most force of 881.062 Newtons. Therefore, we applied the feature of a parabola on parabola to make speed bumps. The speed bumps were testes by driving a Mazda 2 over with the speed of 8 kph. Then the force was compared with the one made by general speed bumps. The finding was that the speed bump we made was able to reduce shock or vertical force of about 68%. This means that the speed bumps can reduce the damage to the suspension system of the car.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือในด้านการให้คำแนะนำในการทำโครงงานจาก อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานซึ่งคอยให้คำปรึกษาและการสนับสนุนแก่ผู้ดำเนินโครงงานมาโดยตลอด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำโครงงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

และขอขอบพระคุณบิดา – มารดา ที่สนับสนุนและให้กำลังใจกับผู้ดำเนินโครงงาน จนโครงงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

นายกมล แก้วพัด
นายสรวีย์ พรหมเสน
นายสุทธิพงศ์ เนืองศิลป

สารบัญ

ใบรับรองโครงงาน ..... ก

บทคัดย่อ ..... ข

ABSTRACT ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1
1.4 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.6 แผนการดำเนินงาน 3
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 5

2.1 การสั่นสะเทือน (VIBRATION) 6
2.1.1 การสั่นสะเทือนอย่างอิสระ (Free Vibration) 6
2.1.2 การสั่นสะเทือนแบบบังคับ (Forced Vibration) 7
2.2 หลักการเชื่อมต่อฟังก์ชันเส้นโค้ง 8
2.3 วิธีเชิงพันธุกรรม (GENETIC ALGORITHM GA) 10
2.3.1 ความหมายของวิธีเชิงพันธุกรรม 10
2.3.2 ขั้นตอนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม 10
2.3.3 ซอฟต์แวร์ในการช่วยคำนวณวิธีเชิงพันธุกรรม 12
2.3.4 มาตรฐาน มยผ.2301-56 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) 12

2.3.5 รูปแบบสันชะลอความเร็วที่มีขายตามท้องตลาดที่นำมาใช้ทดสอบแรง 13
2.3.6 รูปแบบสันชะลอความเร็วตามท้องถนนบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรที่นำมาทดสอบ 14

บทที่ 3 การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน 15

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 15
3.2 สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ 15
3.3 เลือกซื้อสันชะลอความเร็ว 15
3.4 ออกแบบลักษณะความโค้ง 16
3.5 การทดสอบ 16
3.6 วิเคราะห์และเปรียบเทียบ 16

ผลการดำเนินงาน 17

3.7 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 17
3.8 สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ 20
3.9 เลือกซื้อสันชะลอความเร็ว 22
3.9.1 เลือกซื้อสันชะลอความเร็วตามท้องตลาดที่ได้มาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมืองกำหนด 22
3.9.2 หาลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วที่ซื้อมา 22
3.9.3 ใช้วิธีการ curve fitting ผ่านโปรแกรม excel เพื่อหาสมการความโค้ง 22
3.9.4 Input โปรไฟล์ลักษณะต่างๆ ในแบบจำลองการเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้นในโปรแกรม MATLAB (Simulink) 24
3.10 ออกแบบลักษณะความโค้ง 25
3.10.1 กำหนดลักษณะความโค้ง 3 แบบ 25
3.10.2 ใช้ MathCAD เพื่อช่วยในการหาค่าเริ่มต้นของตัวแปรที่เหมาะสม 27
3.10.3 จำลองการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วตามลักษณะความโค้งทั้ง 3 รูปแบบ โดยใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink) 30
3.10.4 กำหนดขอบเขตและเงื่อนไขให้ Genetic Algorithm 31
3.10.5 วิเคราะห์แรงเกิดขึ้นจากลักษณะความโค้งแบบต่างๆ เพื่อเลือกรูปแบบและขนาดที่ได้ผลแรงน้อยที่สุด 32
3.10.6 สร้างสันชะลอความเร็วจากรูปแบบและขนาดที่เลือกข้างต้น 37
3.11 การทดสอบ 38

3.12 วิเคราะห์และเปรียบเทียบ 40
3.12.1 เปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะความเร็วที่ออกแบบกับสันชะลอความเร็วที่ใช้ตามท้องถนนทั่วไป 40
3.13 วิจารณ์ผลการทดลอง 42
3.13.1 สันชะลอความเร็วตามท้องตลาด 42
3.13.2 สันชะลอความเร็วที่ออกแบบ 42
บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 44
4.1 สรุปการวิเคราะห์ผล 44
4.1.1 พาราโบลาต่อกับพาราโบลา 44
4.2 สรุปผลการศึกษา 48
4.3 ข้อเสนอแนะ 48
ภาคผนวก 49
สัญลักษณ์ 50
อ้างอิง 58
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 59

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 2 ข้อมูลระบบช่วงล่างของรถยนต์ (MAZDA CX-7) 17
ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบโดยใช้ GENETIC ALGORITHM 37

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 แผนภาพของระบบช่างล่าง 7
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของเส้นโค้งแบบพาราโบลาต่อพาราโบลา 8
รูปที่ 3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ในโปรแกรม MATHCAD 9
รูปที่ 4 วัฏจักรของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม 11
รูปที่ 5 ยางชะลอความเร็วเหลือง DTRS630 ขนาด 500x350x50 MM (โกลบอล เฮาส์ พิษณุโลก) ... 13
รูปที่ 6 ยางชะลอความเร็ว ขนาด500x400x60 MM (โฮมโปร พิษณุโลก) 13
รูปที่ 7 สันชะลอความเร็วบริเวณใกล้หอพักประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร 14
รูปที่ 8 แบบจำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์ 20
รูปที่ 9 แบบจำลอง MATLAB (SIMULINK) ของระบบช่วงล่างรถยนต์ 21
รูปที่ 10 แบบจำลองสำหรับนำเข้า, ส่งออกข้อมูลและประมวลผล 21
รูปที่ 11 การวัดลักษณะความโค้งสันชะลอความเร็วที่ซื้อตามท้องตลาด 22
รูปที่ 12 ลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร 23
รูปที่ 13 ลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วขนาด 500x400x60 มิลลิเมตร 23
รูปที่ 14 ผลของแรงที่เกิดขึ้นของสันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร 24
รูปที่ 15 ผลของแรงที่เกิดขึ้นของสันชะลอความเร็วขนาด500x400x60 มิลลิเมตร 25
รูปที่ 16 พาราโบลา ต่อกับ พาราโบลา 25
รูปที่ 17 พาราโบลา ต่อกับ พาราโบลา 26
รูปที่ 18 วงกลม ต่อกับ พาราโบลา 26
รูปที่ 19 ตัวอย่างของโปรแกรม MATHCAD ของวงกลมต่อกับวงกลม 27
รูปที่ 20 ตัวอย่างของโปรแกรม MATHCAD ของวงกลมต่อกับพาราโบลา 28
รูปที่ 21 ตัวอย่างของโปรแกรม MATHCAD ของพาราโบลาต่อกับพาราโบลา 29
รูปที่ 22 BLOCK DIAGRAM ส่วนของรูปแบบโปรไฟล์ 30
รูปที่ 23 รูปแบบโปรไฟล์พาราโบลาต่อกับพาราโบลา 32
รูปที่ 24 กราฟแสดงผลแรงจากรูปแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา 33
รูปที่ 25 รูปแบบโปรไฟล์วงกลมต่อกับพาราโบลา 34
รูปที่ 26 กราฟแสดงผลแรงจากรูปแบบวงกลมต่อกับพาราโบลา 34
รูปที่ 27 รูปแบบโปรไฟล์วงกลมต่อกับวงกลม 35
รูปที่ 28 กราฟแสดงผลแรงจากรูปแบบวงกลมต่อกับวงกลม 36
รูปที่ 29 กราฟแสดงลักษณะ PROFILE สันชะลอความเร็วที่ดีที่สุดทั้ง 3 รูปแบบ 36

รูปที่ 30 รูปแบบโปรไฟล์ที่เหมาะสมที่สุด คือแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา..... 37
รูปที่ 31 โมเดลต้นแบบสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ 38
รูปที่ 32 การทดสอบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและสร้างขึ้น 39
รูปที่ 33 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ..... 39
รูปที่ 34 การทดสอบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็ว..... 40
รูปที่ 35 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ..... 41
รูปที่ 36 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ..... 41
รูปที่ 37 กราฟแสดงลักษณะ PROFILE สันชะลอความเร็วที่ดีที่สุดทั้ง 3 รูปแบบ..... 43
รูปที่ 38 รูปแบบโปรไฟล์พาราโบลาต่อกับพาราโบลา..... 44
รูปที่ 39 กราฟการเปรียบเทียบแรงในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ..... 45
รูปที่ 40 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ..... 46
รูปที่ 41 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ..... 47
รูปที่ 42 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ..... 47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันมักมีกลุ่มคนที่ขับรถเร็วเกินกำหนดในสถานที่ต่าง ๆ ที่มีการจำกัดความเร็วไว้ เช่น เขตชุมชนบริเวณซอยแคบซึ่งทำให้มีการสร้างสันชะลอความเร็วเพื่อบังคับให้ผู้ขับรถต่างๆต้องชะลอความเร็วของรถยนต์ลงแต่การสร้างสันชะลอความเร็วโดยปราศจากความรู้ทำให้ผู้ขับรถได้รับผลกระทบและความเดือดร้อนเนื่องจากสันชะลอความเร็วมีขนาดที่ไม่เหมาะสมถึงแม้จะขับรถด้วยความเร็วต่ำเพียงใดก็ยังได้รับแรงสะเทือนตามไปด้วยอีกทั้งยังส่งผลเสียต่อระบบและอุปกรณ์ของรถยนต์เช่นลูกหมากลูกปืนสปริงโช้คอัพและระบบช่วงล่างต่าง ๆ ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านี้สั้นลงสันชะลอความเร็วเป็นสิ่งก่อสร้างทางจราจรชนิดหนึ่งมีหน้าที่บังคับให้ผู้ขับรถลดความเร็วของรถยนต์ลงขณะขับผ่านโดยสันชะลอความเร็วมักถูกสร้างหรือติดตั้งอยู่ตามทางร่วมทางแยกหรือในบริเวณที่มีผู้คนเดินสัญจรไปมาตลอดเช่นชุมชนหมู่บ้านสถานที่ราชการสถานศึกษาสำหรับสันชะลอความเร็วที่เราเห็นโดยทั่ว ๆ ไปนั้นมักจะเป็นการสร้างกันเองซึ่งไม่ค่อยจะได้มาตรฐานคือมีทั้งที่สูงมากหรือยาวเกินไปจนอาจจะเกิดปัญหาขูดกับชิ้นส่วนใต้ท้องรถได้

ดังนั้นกลุ่มของข้าพเจ้าจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการออกแบบสันชะลอความเร็วเพื่อให้ได้ขนาดและมาตรฐานตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็วของกรมโยธาธิการและผังเมืองโดยการศึกษาลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วชนิดต่าง ๆ เพื่อทำการวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นต่อรถยนต์กับสันชะลอความเร็วแบบต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink) และเลือกขนาดของสันชะลอความเร็วที่ก่อให้เกิดแรงกระแทกต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์น้อยที่สุดโดยเป็นการนำทฤษฎี Genetic Algorithm มาช่วยในการวิเคราะห์ผล อีกทั้งนำมาผลิตจริงตามลักษณะของสันชะลอที่ออกแบบและวิเคราะห์ไว้ข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษา ออกแบบ และวิเคราะห์ลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วที่ไม่ส่งผลต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์

1.2.2 เพื่อผลิตสันชะลอความเร็วที่มีลักษณะ ขนาดที่เหมาะสมและวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้สันชะลอความเร็วที่เป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็วของกรมโยธาธิการและผังเมือง

1.3.2 ลดความเสียหายของยานพาหนะเมื่อวิ่งผ่านสันชะลอความเร็วเพื่อการใช้งานที่ยาวนานยิ่งขึ้น

1.3.3 ลดอัตราหรือความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุของผู้สัญจรผ่านสันชะลอความเร็ว

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 ลักษณะเส้นโค้งของ สันชะลอความเร็ว (Speed Bump) ที่นำมาวิเคราะห์

ก. วงกลม ต่อ วงกลม

ข. พาราโบลา ต่อ พาราโบลา

ค. วงกลม ต่อ พาราโบลา

1.4.2 ระยะความกว้างของฐานสันชะลอความเร็วอยู่ระหว่าง 40-50เซนติเมตร

1.4.3 ระยะความสูงของสันชะลอความเร็ว 5 เซนติเมตร

1.4.4 เป็นการใช้ฟังก์ชัน Simulink ในโปรแกรม MATLAB ช่วยในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ผลกระทบของแรงที่เกิดขึ้นกับรถเมื่อเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วโดยคำนึงถึงรัศมีของล้อรถที่นั่งส่วนบุคคล โดยขนาดรัศมีของล้อมาตรฐานอยู่ระหว่าง 350-400 มิลลิเมตร และความเร็วที่ต่างกันโดยจะทำการจำลองระบบที่ความเร็ว 5 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1.4.5 เป็นการใช้ทฤษฎี Genetic Algorithm เพื่อช่วยเลือกขนาดและลักษณะของสันชะลอความเร็วที่เหมาะสม

1.4.6 เปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นระหว่างสันชะลอความเร็วที่ออกแบบกับสันชะลอความเร็วที่มีอยู่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ความเร็ว 5 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1.4.7 สร้างชิ้นงานต้นแบบที่ได้จากการออกแบบ และทดสอบเพื่อวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้น

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 กำหนดรูปแบบสันชะลอความเร็ว

1.5.3 หาสมการความโค้งของสันชะลอความเร็วในรูปแบบต่าง ๆ

1.5.4 ศึกษาการใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink และ GA)

1.5.5 วิเคราะห์แรงโดยใช้ฟังก์ชัน GA ของโปรแกรม MATLAB

1.5.6 นำข้อมูลที่ได้จากผลการวิเคราะห์ เพื่อนำมาเลือกรูปแบบสันชะลอความเร็วที่เหมาะสมที่สุด

1.5.7 สร้างสันชะลอความเร็วตามที่ได้ออกแบบไว้

1.5.8 ทดสอบและวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ เมื่อวิ่งผ่านสันชะลอความเร็วที่สร้างขึ้น

1.5.9 วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้

1.5.10 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.6 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการดำเนินงานในช่วงเวลาต่างๆ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2558					2559			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของสันชะลอความเร็วและข้อมูลข้อกำหนดเกี่ยวกับสันชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ									
2.กำหนดรูปแบบสันชะลอความเร็ว									
3.หาสมการความโค้งของสันชะลอความเร็วในรูปแบบต่าง ๆ									
4.ศึกษาการใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink และ GA)									
5.วิเคราะห์แรงโดยใช้ฟังก์ชัน GA ของโปรแกรม MATLAB									
6.นำข้อมูลที่ได้จากผลการวิเคราะห์ เพื่อนำมาเลือกรูปแบบสันชะลอความเร็วที่เหมาะสมที่สุด									
7.สร้างสันชะลอความเร็วตามที่ได้ออกแบบไว้									
8.ทดสอบแรงของสันชะลอความเร็วที่สร้างขึ้น									
9.สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

กระดาษ	500	บาท
จัดทำรูปเล่ม	2,000	บาท
ค่าอุปกรณ์อื่น ๆ	500	บาท
รวม	3,000	บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดนี้ ได้ศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ได้แก่

งานวิจัยของ นายพีรพล ภู่ดี และคณะ ซึ่งวิจัยเรื่อง การออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้ศึกษาสันชะลอความเร็วที่ใช้ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยเป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ผ่านโปรแกรม MATLAB (Simulink) เพื่อวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์ รวมไปถึงการออกแบบและวิเคราะห์ลักษณะความโค้งชนิดต่าง ๆ มาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้สันชะลอความเร็วที่ได้มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ.2301–56 กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2556 ซึ่งได้ผลว่ารูปแบบของสันชะลอความเร็วแบบ ไซน์ ที่มีความสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร นั้นอยู่ในมาตรฐานดังกล่าว และให้ผลแรงออกมาน้อยที่สุด ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะสามารถนำมาเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์และออกแบบต่อไป [1]

งานวิจัยของ Yan Cui and Thomas R.Kurfess ซึ่งวิจัยเรื่อง Vehicle Parameter Identification for Vertical Dynamics ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้กล่าวถึงระบบช่วงล่างของรถยนต์แบบเต็มคัน คือทั้งหมด 4 ล้อ โดยใช้รถยนต์ รุ่น Mazda CX-7 เป็นรถยนต์ต้นแบบที่ใช้วิจัย ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ระบุ ถึงค่าที่จำเป็นต่าง ๆ ของระบบช่วงล่างของรถยนต์ รุ่น Mazda CX-7 ซึ่งค่าต่าง ๆ ของระบบช่วงล่างของรถยนต์ รุ่น Mazda CX-7 เป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะช่วยให้ Simulink ที่จะใช้วิเคราะห์ผลของโครงงานที่จะจัดทำขึ้นมานี้สำเร็จต่อไป [2]

งานวิจัยของ ทัศวรรณ ผาเจริญ และคณะ ซึ่งวิจัยเรื่อง การศึกษาความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเมื่อขับขี่ผ่านเนินชะลอความเร็ว ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้กล่าวถึงหนึ่งในมาตรการต่างๆ ที่ใช้เพื่อลดความเร็วของยานพาหนะบนท้องถนน ซึ่งคือการใช้สันชะลอความเร็ว (Speed Bump) พบว่าจุดแข็งของสันชะลอความเร็วคือ สามารถเปลี่ยนพฤติกรรมการขับขี่และสามารถชะลอความเร็วของยานพาหนะลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจุดอ่อนคือ สันชะลอความเร็วที่ไม่มีมาตรฐานอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ จากการทดสอบทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ทดสอบด้วย t-test จะพบว่าความเร็วที่ลดลงมากที่สุดเมื่อผ่านสันชะลอความเร็วคือ 60.06% และประเภทของถนนที่ทำการติดตั้งสันชะลอความเร็วมีผลต่อประสิทธิภาพในการชะลอความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลขณะขับผ่านสันชะลอความเร็วนั้น ๆ ซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบสันชะลอความเร็วให้สำเร็จต่อไป [3]

งานวิจัยของ ธเนศ เสถียรนาม และคณะ ซึ่งวิจัยเรื่อง The study of passenger car speed when passing the speed bump ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้กล่าวว่าการออกแบบสันชะลอความเร็วนั้น ถ้าออกแบบให้เตี้ยและเล็กจนเกินไป อาจไม่สามารถลดความเร็วของยานพาหนะลงได้ และถ้าออกแบบให้มีลักษณะที่สูงชันอาจจะทำให้ความเร็วของยานพาหนะที่เคลื่อนผ่านต่ำเกินไปซึ่งเป็นการสร้างความลำบากเกินจำเป็นแก่ผู้ขับขี่ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวยังได้กล่าวถึงขนาดของสันชะลอความเร็วที่ได้มาตรฐาน คือมีความสูงขนาด 7.6-15 เซนติเมตร ความกว้างขนาด 30-90 เซนติเมตร และความเร็วที่ใช้เมื่อสัญจรผ่านสันชะลอความเร็ว คือ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยสันชะลอความเร็วนั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อติดตั้งในบริเวณที่จอดรถและบนถนนส่วนบุคคล ซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดทำโครงงานต่อไป [3]

งานวิจัยของ นันทวัฒน์ วีระยุทธ และคณะ ซึ่งวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้จีเนติกอัลกอริทึมเพื่อการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PID ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอการใช้ GA (Genetic Algorithm) ซึ่งทำงานร่วมกับโปรแกรม MATLAB/Simulink ที่ง่ายต่อการนำไปใช้และมีเสถียรภาพสูงในการลู่เข้าของการหาคำตอบสูง รวมทั้งใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธี Trial & Error ซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการช่วยคำนวณหาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโครงงานที่จะจัดทำขึ้นต่อไป [4]

2.1 การสั่นสะเทือน (Vibration) [5]

การสั่นสะเทือน (Vibration) หมายถึงการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของวัตถุเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงที่อยู่นิ่ง โดยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของวัตถุอาจจะเป็นการเคลื่อนที่โดยอิสระ หรือมีแรงบังคับตลอดเวลาให้เคลื่อนที่ก็ได้ การสั่นสะเทือนสามารถพบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวันและในงานทางวิศวกรรมมากมายตัวอย่างการสั่นสะเทือนที่พบได้บ่อย คือ การสั่นสะเทือนในรถยนต์

2.1.1 การสั่นสะเทือนอย่างอิสระ (Free Vibration)

การสั่นสะเทือนชนิดนี้เกิดจากแรงภายในของระบบเองโดยที่ไม่ทีแรงกระทำจากแรงภายนอกการสั้นสะเทือนชนิดนี้เกิดขึ้น เมื่อโครงสร้างหรือระบบทางกลถูกรบกวนโดยออกจากตำแหน่งสมดุลสถิตด้วยค่าเงื่อนไขเริ่มต้น (Initial Conditions) ตัวอย่างเช่น ระบบที่มีมวลยึดติดกับสปริงเมื่อมีการยืดหรือยุบสปริงออกจากจุดสมดุลสถิตแล้วปล่อยระบบก็จะมีการสั่นแบบอิสระ การที่กลับไปกลับมาโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำเรียกว่า การสั่นแบบอิสระ รูปแบบของการเคลื่อนที่เป็นไปตามค่าความถี่ธรรมชาติและ Mode Shape ของระบบสมการการ-

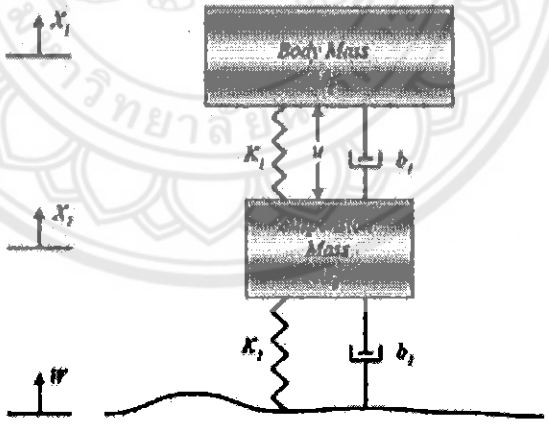
เคลื่อนที่ของกาสั่นแบบอิสระสมการการเคลื่อนที่ของระบบการสั่นสะเทือนใดๆสามารถเขียนให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ดังสมการ

$$m\ddot{x}(t)+c\dot{x}(t)+kx(t)=F(t) \qquad (2\text{-}1)$$

2.1.2 การสั่นสะเทือนแบบบังคับ (Forced Vibration)

การสั่นสะเทือนแบบบังคับ หมายถึงระบบที่มีการเคลื่อนที่แบบสั่นไป-มา ภายใต้แรงภายนอกกระทำด้วยความถี่ของแรงนั้นถ้าความถี่แรงภายนอกที่กระทำนั้นกับค่าความถี่ธรรมชาติของระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญโดยปกติแล้วการตอบสนองของระบบจะประกอบไปด้วยสองส่วนคือการตอบสนองชั่วครู่ (Transient Response) และการตอบสนองในสภาวะคงตัว (Steady-State Response) ซึ่งจะคงอยู่ตลอดเท่าที่มีแรงกระทำเนื่องจากการตอบสนองชั่วครู่จะหายไปเมื่อเวลาผ่านไปพอสมควรการตอบสนองจะคงอยู่เพียงการตอบสนองในสภาวะคงตัวของระบบ โดยงานวิจัยนี้เราดู Free Vibration ที่มีเงื่อนไขเป็นการบังคับจากตำแหน่ง แล้วดูผลกระทบเป็นแรงภายในระบบที่เกิดขึ้นเท่านั้น

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบช่วงล่าง



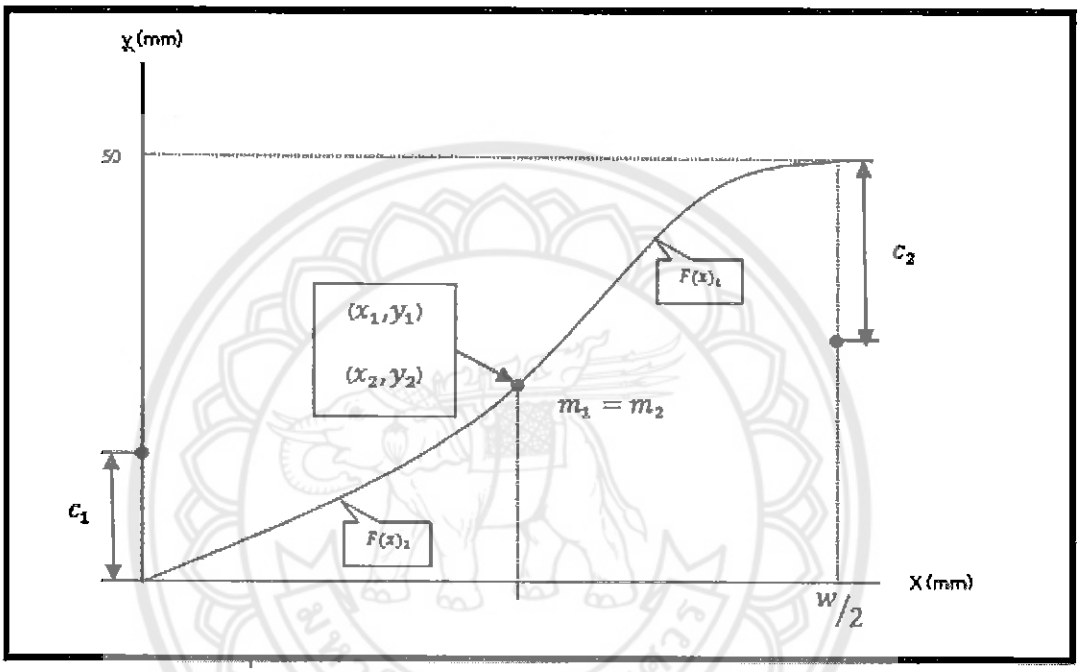
รูปที่ 1 แผนภาพของระบบช่างล่าง [6]

จากรูปที่ 1 แผนภาพจำลองระบบช่วงล่าง เมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านเนินจะทำให้ได้สมการจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบกันสะเทือน

$$M_1\ddot{X}_1+b_1(\dot{X}_1-\dot{X}_2)+k_1(X_1-X_2)=U \quad (2\text{-}2)$$

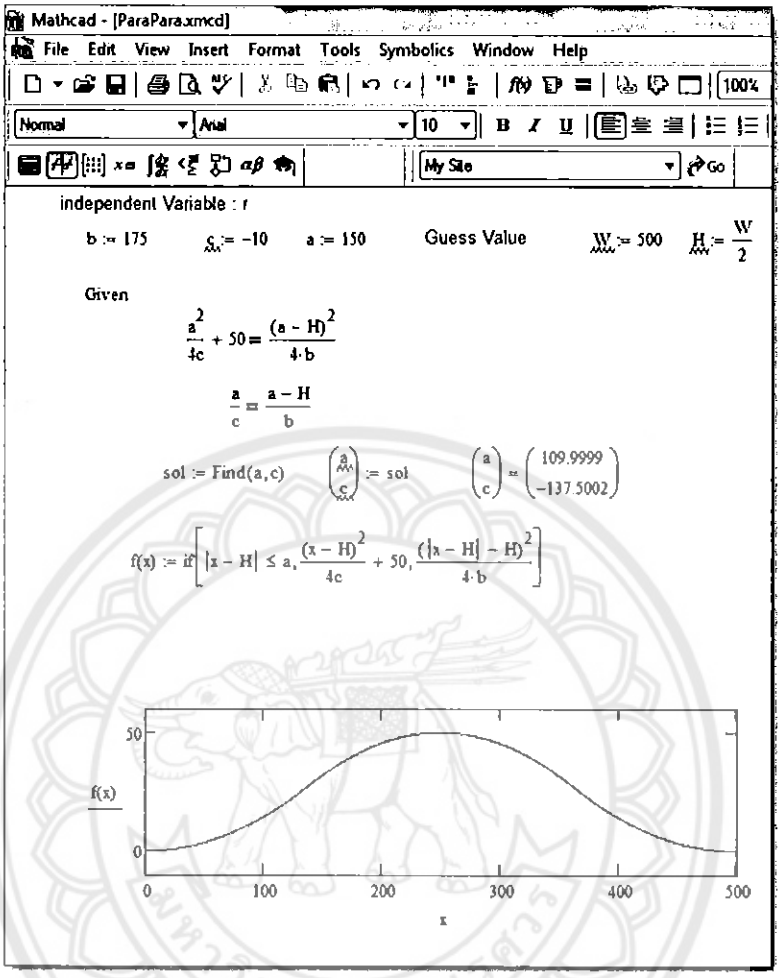
$$M_2\ddot{X}_2-b_1(\dot{X}_1-\dot{X}_2)-K_1(X_1-X_2)-b_2(W-X_2)-K_2(W-X_2)=U \quad (2\text{-}3)$$

2.2 หลักการเชื่อมต่อฟังก์ชันเส้นโค้ง



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของเส้นโค้งแบบพาราโบลาต่อพาราโบลา

จากรูปที่ 2 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของเส้นโค้งพาราโบลาต่อกับเส้นโค้งพาราโบลา ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นระยะโฟกัสของเส้นโค้งพาราโบลาที่หนึ่ง (C_1) และเส้นโค้งสองเส้นจะต่อกันโดยมีเงื่อนไขคือ ความชันเท่ากันและเป็นตำแหน่งเดียวกัน เมื่อได้สมการของเส้นโค้งดังกล่าวแล้วจึงนำมาเขียนในโปรแกรม MathCAD ซึ่งเมื่อเราเปลี่ยนตัวแปรต้นเป็นค่าอื่น ๆ โปรแกรม MathCAD ก็จะคำนวณหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เหลือออกมาให้



รูปที่ 3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ในโปรแกรม MathCAD

จากรูปที่ 3 เป็นตัวอย่างของโปรแกรม MathCAD ซึ่งในที่นี้ b คือตัวแปรต้นหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งพาราโบลาของฟังก์ชันเส้นแรก จากนั้นโปรแกรม MathCAD จะทำการคำนวณค่า a โดยเป็นจุดที่เส้นโค้งสองเส้นมาต่อกัน และค่า c ซึ่งก็คือระยะโฟกัสของเส้นโค้งพาราโบลาของฟังก์ชันที่สอง และแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวออกมา

นอกจากนี้ยังทำรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ เส้นโค้งวงกลมต่อกับเส้นโค้งพาราโบลา จุดต่อกันของเส้นโค้งทั้งสองอยู่ภายใต้เงื่อนไขความชันเท่ากันและตำแหน่งเดียวกันเช่นเดียวกับแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา แต่ตัวแปรต้นของฟังก์ชันคือระยะโฟกัสของพาราโบลาฟังก์ชันแรก ส่วนตัวแปรตามจะเป็นรัศมีของวงกลมที่มาเชื่อมต่อกับเส้นโค้งพาราโบลา และอีกรูปแบบหนึ่งคือเส้นโค้งวงกลมต่อกับเส้นโค้งวงกลม ความสัมพันธ์ของจุดเชื่อมต่อของสองฟังก์ชันทั้งสองของสมการเส้นโค้งยังเหมือนกับสองรูปแบบข้างต้นคือความชันเท่ากันและตำแหน่งเดียวกัน และนอกจากนั้นที่จุดสัมผัสกันของวงกลมเมื่อลากเส้นตรงจากจุดศูนย์กลางของแต่ละวงไปยังจุดที่วงกลมสัมผัสกันจะพบว่ามีลักษณะเป็นเส้นตรงเดียวกันและมีมุมซึ่งกระทำกับแกนตั้งซึ่งเป็นมุมแย้งที่มีขนาดเท่ากัน ดังนั้นจึงนำเงื่อนไขนี้มาเป็นเงื่อนไขเพิ่มเติมเพื่อให้โปรแกรม MathCAD หาความสัมพันธ์ของสองเส้นโค้งดังกล่าวออกมา และนำความสัมพันธ์ของแบบต่างๆที่ได้มาทดสอบแรงผ่านโปรแกรม MATLAB (Simulink) ต่อไป

2.3 วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm GA) [7]

2.3.1 ความหมายของวิธีเชิงพันธุกรรม

วิธีเชิงพันธุกรรม เป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติและหลักการทางสายพันธุ์ วิธีเชิงพันธุกรรมเป็นการคำนวณอย่างหนึ่งที่สามารถกล่าวได้ว่ามี "วิวัฒนาการ" อยู่ในขั้นตอนของการค้นหาคำตอบ และได้รับการจัดให้เป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (evolutionary computing) ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับในประสิทธิภาพ และมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะที่สุด เนื้อหาในหัวข้อนี้นำเสนอรายละเอียดขององค์ประกอบและโครงสร้างของวิธีเชิงพันธุกรรม รวมไปถึงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานแบบต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจและสามารถนำไปออกแบบประยุกต์ใช้งานได้จริง

วิธีเชิงพันธุกรรมถูกพัฒนาขึ้นโดยการจำลองเอาแนวคิดของการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในระบบชีววิทยามาใช้ในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ วิธีเชิงพันธุกรรมได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางและได้นำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ พร้อมกับการศึกษาและพัฒนาองค์ประกอบของวิธีเชิงพันธุกรรมให้มีประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นวิธีเชิงพันธุกรรมจึงเป็นวิธีที่นิยมในปัจจุบันเพื่อการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมและสามารถไปใช้ได้ในทุกสาขาวิชา

2.3.2 ขั้นตอนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบให้กับระบบ ซึ่งสามารถมองวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นเครื่องมือในการช่วยคำนวณอย่างหนึ่ง วัฏจักรของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมโดยธรรมชาติจะประกอบด้วย 3 กระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ (ดังแสดงในรูปที่ 4)

ก. การคัดเลือกสายพันธุ์ (selection) คือขั้นตอนในการคัดเลือกประชากรที่ดีในระบบไปเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป โดยปกติแล้วเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ดี ต้นกำเนิดของสายพันธุ์จะต้องดีด้วย

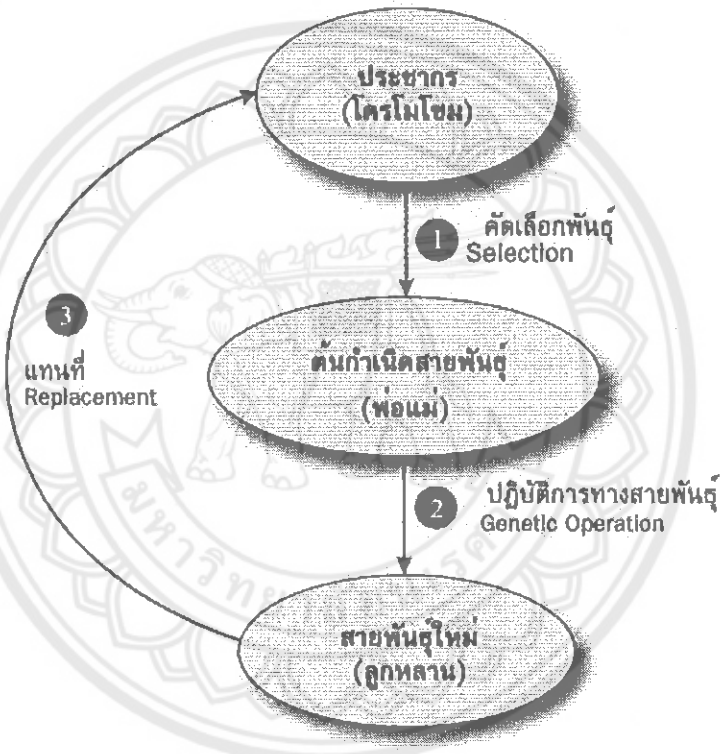
ข. ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (genetic operation) คือกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมด้วยวิธีการทางสายพันธุ์ เป็นขั้นตอนการสร้างลูกหลาน ซึ่งได้จากการรวมพันธุ์ของต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้ได้ลูกหลานที่มีส่วนผสมผสานจากพ่อแม่ หรือได้จากการแปรผันยีนของพ่อแม่เพื่อให้ได้ลูกหลานสายพันธุ์ใหม่เกิดขึ้น โดยทั่วไปปฏิบัติการทางสายพันธุ์ของวิธีเชิงพันธุกรรมจะมี 2 วิธีหลัก ๆ คือ การทำครอสโอเวอร์และการทำมิวเทชัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

a) ครอสโอเวอร์ (Crossover) เป็นวิธีการรวมตัวใหม่ของโครโมโซม (recombination operator) โดยทำการรวมส่วนย่อยระหว่างโครโมโซมต้นกำเนิดสายพันธุ์ตั้งแต่สองโครโมโซมขึ้นไป เพื่อให้กลายเป็นโครโมโซมลูกหลาน โครโมโซมลูกหลานที่ได้จากการครอสโอเวอร์นี้จะมีพันธุกรรมจากต้นกำเนิดสายพันธุ์อยู่ในตัว

b) มิวเทชัน (Mutation) เป็นวิธีการแปรผันยีนหรือส่วนย่อยของโครโมโซม ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับการกลายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในทางชีววิทยา โดยปกติแล้วอัตราการทำมิวเทชันจะมีค่าค่อนข้างต่ำ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นในการทำมิวเทชันนั้นมีค่าน้อย การทำมิวเทชันเปรียบเสมือนการนำไปสู่คำตอบของระบบเช่นเดียวกับการทำครอสโอเวอร์ นอกจากนั้น

มิวเทชันยังสามารถถูกพิจารณาเป็นการทำให้เกิดความหลากหลายขึ้นในกลุ่มประชากร ส่งผลให้คำตอบที่เกิดขึ้นในขบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรมครอบคลุมพื้นที่การค้นหาคำตอบทั่วถึงยิ่งขึ้น

ค. การแทนที่ (replacement) คือขั้นตอนการนำเอาลูกหลานกำเนิดใหม่ไปแทนที่ประชากรเก่าในรุ่นก่อน เป็นขบวนการในการคัดเลือกว่าควรจะเอาลูกหลานในกลุ่มใด จำนวนเท่าไร ไปแทนประชากรเก่าในกลุ่มใด จุดประสงค์ในการแทนที่ค่อนข้างชัดเจน กล่าวคือการนำโครโมโซมลูกหลานมาแทนที่ประชากรรุ่นก่อน จะทำให้ประชากรรุ่นใหม่ประกอบไปด้วยโครโมโซมใหม่ ๆ ซึ่งเป็นโครโมโซมที่ดีกว่า เพราะได้สืบสายพันธุ์ที่ดีจากต้นกำเนิดสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว



รูปที่ 4 วัฏจักรของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม [7]

- ประชากร (population) ประกอบไปด้วยกลุ่มของโครโมโซม (chromosome) ซึ่งเป็นตัวแทนของคำตอบในระบบที่ต้องการค้นหา
- ต้นกำเนิดสายพันธุ์ (parents) คือกลุ่มประชากรที่ถูกคัดเลือกเพื่อเป็นตัวแทนในการให้กำเนิดสายพันธุ์ใหม่ในรุ่นถัดไป (next generation) ประชากรกลุ่มนี้จะเปรียบเสมือนกับเป็น 'พ่อแม่' สำหรับใช้ในการสืบทอดสายพันธุ์ให้ลูกหลานต่อไป
- สายพันธุ์ใหม่ (offspring) - หรือ 'ลูกหลาน' เป็นประชากรกลุ่มใหม่ที่ได้รับการถ่ายถอดสายพันธุ์มาจากพ่อแม่ โดยคาดหวังที่จะได้รับสายพันธุ์ที่ดีที่สุดเพื่อถ่ายทอดต่อ ๆ กันในประชากรรุ่นถัดไป

2.3.3 ซอฟต์แวร์ในการช่วยคำนวณวิธีเชิงพันธุกรรม

เนื่องจากการใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ทำให้ไม่จำเป็นจะต้องมีผลเฉลยรูปแบบปิดของระบบ ดังนั้น งานที่นำวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ส่วนใหญ่จึงเป็นการจำลองสถานการณ์ และถึงแม้ระบบจะมีความแตกต่างกัน แต่ในส่วนของวิธีเชิงพันธุกรรมแล้ว จะยังมีความเหมือนกันอยู่ ดังนั้นจึงมีซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการคำนวณวิธีเชิงพันธุกรรมอยู่มากมายหลายแบบ เช่น GENESIS, GENEsYs, BUGS, TOLKIEN เป็นต้น ซึ่งแต่ละซอฟต์แวร์มีความสามารถและจุดประสงค์การใช้งานที่ต่างกันออกไป สำหรับโปรแกรมที่นิยมใช้กันทั่วไปคือโปรแกรม MATLAB ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ง่าย อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพและเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในวงการวิศวกรรม

2.3.4 มาตรฐาน มยผ.2301-56 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) [8]

ก. ลูกระนาด (speed bump)

ลูกระนาดที่พบได้โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นส่วนยกที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากพื้นถนน โดยมีระยะฐานกว้างตั้งแต่ 30 ถึง 90 เซนติเมตร ลูกระนาดโดยส่วนใหญ่ถูกก่อสร้างในบริเวณพื้นที่จอดรถหรือบนถนนส่วนบุคคล ทั้งนี้ความเร็วชะลอของยานพาหนะ ณ จุดที่สัญจรผ่านลูกระนาดอยู่ที่ประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า ลูกระนาดสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเฉพาะกรณีที่ได้รับการก่อสร้างบนถนนในพื้นที่ส่วนบุคคล เช่น อาคารจอดรถ หมู่บ้านจัดสรร เป็นต้น เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้เดินเท้าโดยกำหนดความสูงไม่ให้เกิน 7.5 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับยานพาหนะที่สัญจรผ่านเนินชะลอความเร็วสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยที่สุดเมื่อถูกก่อสร้างบนถนนที่มีลักษณะเข้าเกณฑ์ในทุกข้อ ดังต่อไปนี้

a) ถนนสายย่อย (local streets) ที่ไม่ใช่ถนนสายหลัก (arterial roads) หรือถนนสายรอง (collector roads)

b) ถนนที่มีการจำกัดความเร็วของยานพาหนะไว้ไม่เกิน 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

c) ถนนที่มีปริมาณการจราจรของยานพาหนะซึ่งมีการสัญจรน้อยกว่า 400 คันต่อชั่วโมงในชั่วโมงที่มีการสัญจรสูงสุด

d) ถนนที่มีปริมาณการจราจรเฉพาะรถบรรทุกซึ่งมีน้ำหนักตั้งแต่ 4.5 ตันขึ้นไปสัญจรน้อยกว่า 50 คันต่อวัน

e) ถนนที่มีความลาดชันตามทางยาวของถนนน้อยกว่าร้อยละ 5

f) ถนนที่ไม่เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางหลักซึ่งมียานพาหนะสัญจรเข้าสู่ย่านธุรกิจ

g) ถนนซึ่งไม่ถูกใช้เป็นทางผ่านเข้าออกประจำของหน่วยงานที่ให้บริการด้านงานฉุกเฉินต่าง ๆ

2.3.5 รูปแบบสันชะลอความเร็วที่มีขายตามท้องตลาดที่นำมาใช้ทดสอบแรง

รูปที่ 5 ยางชะลอความเร็วเหลือง DTRS630 ขนาด 500x350x50 mm (โกลบอล **เฮาส์ พิษณุโลก)**

จากรูปที่ 5 เป็นสินค้าสันชะลอความเร็วที่มีขายตามท้องตลาดขนาด 500x350x50 mm ซึ่งซื้อมาจากโกลบอล เฮาส์ จังหวัดพิษณุโลก เพื่อนำมาทดสอบแรงผ่านโปรแกรม MATLAB(Simulink)

รูปที่ 6 ยางชะลอความเร็ว ขนาด500x400x60 mm (โฮมโปร พิษณุโลก)

จากรูปที่ 6 เป็นสินค้าสันชะลอความเร็วที่มีขายตามท้องตลาดขนาด500x400x60 mm ซึ่งซื้อมาจากโฮมโปร จังหวัดพิษณุโลก เพื่อนำมาทดสอบแรงผ่านโปรแกรม MATLAB(Simulink)

2.3.6 รูปแบบสันชะลอความเร็วตามท้องถนนบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรที่นำมาทดสอบ

รูปที่ 7 สันชะลอความเร็วบริเวณใกล้หอพักประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร

จากรูปที่ 7 เป็นการทดสอบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วบริเวณใกล้หอพักประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้โปรแกรม Tracking Result Analysis ในการทดสอบ

ซึ่งเห็นได้ว่า สันชะลอความเร็วที่มีขายตามท้องตลาดกับสันชะลอความเร็วที่ใช้กันทั่วไปตามท้องถนนไม่ว่าจะเป็นแบบสำเร็จรูปหรือแบบหล่อปูนนั้นพบว่าไม่มีรูปแบบโปรไฟล์ที่ตายตัว แต่เน้นไปที่ความกว้างและความสูงเป็นหลัก และแต่ละที่นั้นมีขนาดและความสูงรวมถึงรูปแบบโปรไฟล์ก็จะแตกต่างกันออกไป บางที่มีลักษณะที่เป็นสันซึ่งมีความชันมาก ถึงแม้ว่าขับรถผ่านด้วยความเร็วที่ต่ำก็ยังทำให้เกิดแรงกระแทก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์ ดังนั้นกลุ่มของผู้ดำเนินโครงการจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของรูปแบบโปรไฟล์ความโค้งของสันชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ ว่าแต่ละแบบทำให้เกิดแรงกระแทกมากน้อยเพียงใด จึงได้กำหนดขอบเขตที่จะทดสอบ โดยการนำเส้นโค้งมาต่อกัน 3 แบบ ได้แก่ พาราโบลา-พาราโบลา , วงกลม-พาราโบลา , วงกลม-วงกลม จากนั้นจึงเลือกรูปแบบที่ดีที่สุดโดยวิเคราะห์และเลือกรูปแบบจากโปรแกรม MATLAB (Simulink) และนำมาทดสอบแรงที่เกิดขึ้นเพื่อเปรียบเทียบกับสันชะลอความเร็วที่ขายตามท้องตลาดต่อไป

บทที่ 3

การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงงานปริญญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบ วิเคราะห์และสร้างสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ ภายใต้เงื่อนไข ความชันเริ่มต้นและสุดท้ายเป็นศูนย์ เพื่อให้การทำงานดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อยจึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงานปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ จะแบ่งเป็น 5 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

3.1.1 กฎหมายการก่อสร้างสันชะลอความเร็วซึ่งเป็นไปตาม มยผ.2301-56

3.1.2 การใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink) เพื่อเขียนคำสั่งในการจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ผ่านสันชะลอความเร็วที่กำหนด

3.1.3 การใช้ฟังก์ชัน Genetic Algorithm ของโปรแกรม MATLAB เพื่อใช้ในการช่วยคำนวณหาขนาดและลักษณะของสันชะลอความเร็วที่ดีที่สุด

3.1.4 สมการความสัมพันธ์ของลักษณะความโค้งแบบต่าง ๆ ดังนี้

ก. สมการเส้นโค้งพาราโบลาต่อกับพาราโบลา

ข. สมการเส้นโค้งวงกลมต่อกับพาราโบลา

ค. สมการเส้นโค้งวงกลมต่อกับวงกลม

3.1.5 การใช้โปรแกรม MathCAD ซึ่งเป็นโปรแกรมคำนวณหาลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วในเบื้องต้น รวมไปถึงการประมาณค่าเริ่มต้นพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

3.2 สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่

สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ผ่านโปรแกรม MATLAB (Simulink)

3.3 เลือกซื้อสันชะลอความเร็ว

3.3.1 เลือกซื้อสันชะลอความเร็วตามท้องตลาดที่ได้มาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมืองกำหนด

3.3.2 หาลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วที่ซื้อมา

3.3.3 ใช้วิธีการ curve fitting ผ่านโปรแกรม excel เพื่อหาสมการความโค้ง

3.3.4 Input โปรไฟล์ลักษณะต่าง ๆ ในแบบจำลองการเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้นในโปรแกรม MATLAB (Simulink)

3.4 ออกแบบลักษณะความโค้ง

3.4.1 กำหนดลักษณะความโค้ง 3 แบบที่กล่าวมาข้างต้น

3.4.2 ใช้ MathCAD เพื่อช่วยในการหาค่าเริ่มต้นของตัวแปรที่เหมาะสม และสามารถสร้างได้จริง

3.4.3 จำลองการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วตามลักษณะความโค้งทั้ง 3 รูปแบบ โดยใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink)

3.4.4 กำหนดขอบเขตและเงื่อนไขให้ Genetic Algorithm ดังนี้

ก. ขนาดความกว้างของฐานสันชะลอความเร็ว

ข. ค่าของตัวแปรต้น

ค. ความละเอียดในการคำนวณ

ง. จำนวนของกลุ่มประชากรที่ใช้ในการคำนวณ

3.4.5 วิเคราะห์แรงเกิดขึ้นจากลักษณะความโค้งแบบต่าง ๆ เพื่อเลือกรูปแบบและขนาดที่ได้ผลแรงน้อยที่สุด

3.4.6 สร้างสันชะลอความเร็ว จากรูปแบบและขนาดที่เลือกข้างต้น

3.5 การทดสอบ

ทดสอบโดยนำรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วที่สร้างขึ้น ซึ่งความเร็วที่ใช้ทดสอบคือ 5 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Tracking Result Analysis เพื่อวิเคราะห์หาระยะความเร็ว และความเร่งในแนวดิ่ง

3.6 วิเคราะห์และเปรียบเทียบ

3.6.1 เปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะความเร็วที่ออกแบบกับสันชะลอความเร็วที่ใช้ทั่วไปตามท้องถนน

3.6.2 เปรียบเทียบแรงในแนวดิ่งของสันชะความเร็วที่ออกแบบกับสันชะลอความเร็วที่เลือกซื้อมา 2 แบบข้างต้น

ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงงานปริญญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบ วิเคราะห์และสร้างสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ ภายใต้เงื่อนไข ความชันเริ่มต้นและสุดท้ายเป็นศูนย์ เพื่อให้การทำงานดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อยจึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.7 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.7.1 มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ.2301–56 กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2556 ซึ่งกำหนดไว้ว่า สันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดที่พบได้โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นส่วนยกที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากพื้นถนน โดยมีระยะฐานกว้าง ตั้งแต่ 30 ถึง 90 เซนติเมตร ลูกระนาดโดยส่วนใหญ่ถูกก่อสร้างในบริเวณพื้นที่จอดรถหรือบนถนนส่วนบุคคล ทั้งนี้ความเร็วชะลอของยานพาหนะ ณ จุดที่สัญจรผ่านลูกระนาดอยู่ที่ประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า และเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับผู้เดินเท้า โดยกำหนดความสูงไม่ให้เกิน 7.5 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับยานพาหนะที่สัญจรผ่าน

3.7.2 การจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป คือ โปรแกรม MATLAB (Simulink) ซึ่งใช้สำหรับการจำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์ขณะผ่านสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาด สำหรับขั้นตอนการประมวลผล นำสมการเริ่มต้นจากโปรแกรม MathCAD มาสร้างในโปรแกรม MATLAB (Simulink) โดยมีข้อมูลระบบช่วงล่างของรถยนต์ตัวอย่างที่ใช้สร้างแบบจำลองเป็นของมูลของรถยนต์ Mazda CX-7 ซึ่งมีข้อมูลที่จำเป็นดังนี้

ข้อมูลระบบช่วงล่างของรถยนต์ (Mazda CX-7)

ข้อมูล	ค่าของข้อมูล	หน่วย
น้ำหนัก	1760.5	Kg
Shock absorber damping	2552	Ns/m
Spring stiffness	38559.3	N/m
Tire stiffness	219485	N/m
Tire mass	30	Kg

ตารางที่ 2 ข้อมูลระบบช่วงล่างของรถยนต์ (Mazda CX-7)

3.7.3 Genetic Algorithm เป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติและหลักการทางสายพันธุ์ และมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการหารูปแบบความโค้งของสันชะลอความเร็วที่ดีที่สุด โดยทำการกำหนดตัวแปรต้นที่สัมพันธ์กับลักษณะความโค้งเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์ กำหนดขอบเขตความกว้างและความสูงของสันชะลอความเร็ว ทำการครอสโอเวอร์ (Crossover) ต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้ได้รูปแบบความโค้งสันชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ ในกระบวนการครอสโอเวอร์มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต้นเรียกว่ามิวเทชัน (Mutaion) เพื่อหารูปแบบที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากแรงที่น้อยที่สุด

3.7.4 สมการความสัมพันธ์ของลักษณะความโค้งแบบต่าง ๆ เพื่อสร้างลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็ว โดยมีความสัมพันธ์ของสมการสองสมการจุดเชื่อมมีความชันเท่ากัน

ก. สมการเส้นโค้งพาราโบลาต่อกับพาราโบลา

$$f(x) = if\left[\,|x-H| \le a, \frac{(x-H)^2}{4\cdot c} + 50, \frac{\left(|x-H|-H\right)^2}{4\cdot b}\right] \qquad (4\text{-}1)$$

โดยที่ x คือ ระยะระยะตามแนวแกนนอน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

W คือ ความกว้างของฐานสันชะลอความเร็ว มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

H คือ ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างของฐาน (W/2) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

A คือ ตำแหน่งที่เส้นโค้งสองเส้นต่อกัน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร ไปตามแนวแกนนอน

b คือ ตัวแปรต้นหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่หนึ่ง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

c คือ ตัวแปรตามหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่สอง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

ข. สมการเส้นโค้งวงกลมต่อกับพาราโบลา

$$f(x) = if\left[|x-H| \le r \cdot \sin(t), (50-r) + \sqrt{r^2-(x-H)^2}, \frac{(|x-H|-H)^2}{4 \cdot c}\right] \quad (4\text{-}2)$$

โดยที่ x คือ ระยะระยะตามแนวแกนนอน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

W คือ ความกว้างของฐานสันชะลอความเร็ว มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

H คือ ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างของฐาน (W/2) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

r คือรัศมีของวงกลมฟังก์ชันแรก ซึ่งกำหนดเป็นตัวแปรต้น มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

c คือ ตัวแปรตามหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่สอง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

t คือ ค่าของมุมที่วัดจากเส้นกึ่งกลางที่ตั้งฉากของโปรไฟล์ไปยังจุดเชื่อมต่อของเส้นโค้ง มีหน่วยเป็น เรเดียล

ค. สมการเส้นโค้งวงกมลต่อกับวงกลม

$$f(x) = if\left[|x-H| \le r \cdot \sin(t), 50-r+\sqrt{r^2-(x-H)^2}, R-\sqrt{R^2-(|x-H|-H)^2}\right] \quad (4\text{-}3)$$

โดยที่ x คือ ระยะระยะตามแนวแกนนอน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

W คือ ความกว้างของฐานสันชะลอความเร็ว มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

H คือ ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างของฐาน (W/2) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

R คือ รัศมีของวงกลมฟังก์ชันแรก ซึ่งกำหนดเป็นตัวแปรต้น มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

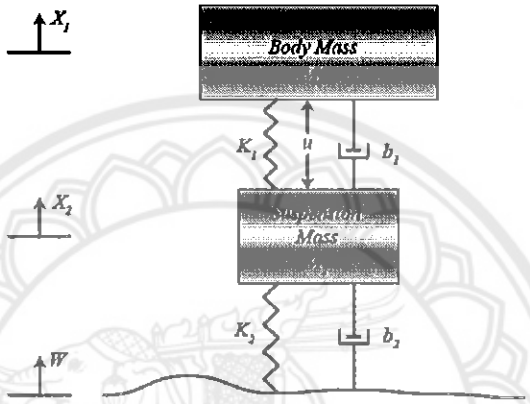
r คือ รัศมีของวงกลมฟังก์ชันที่สอง ซึ่งกำหนดเป็นตัวแปรตาม มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

t คือ ค่าของมุมที่วัดจากเส้นกึ่งกลางที่ตั้งฉากของโปรไฟล์ไปยังจุดเชื่อมต่อของเส้นโค้ง มีหน่วยเป็น เรเดียล

3.7.5 การใช้โปรแกรม MathCAD เพื่อหาค่าเริ่มต้นของตัวแปรและสร้างลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วเบื้องต้น

3.8 สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่

สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ผ่านโปรแกรม MATLAB (Simulink) ซึ่งกำหนด ให้ input คือ รูปแบบของโปรไฟล์ลักษณะต่าง ๆ และ output คือแรงที่เกิดขึ้น โดยเป็นการจำลองเหตุการณ์ขณะยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วลักษณะต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ผลของแรงที่กระทำต่อระบบช่วงล่างของยานพาหนะดังรูปที่ 8



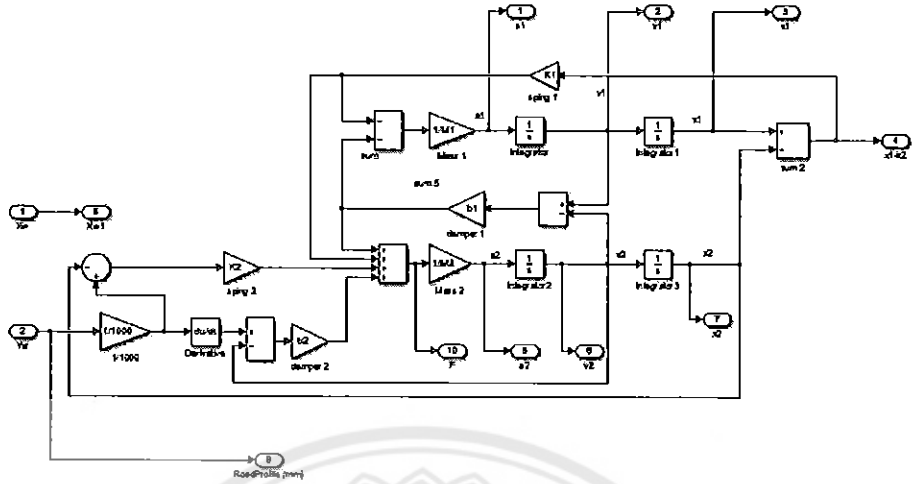
รูปที่ 8 แบบจำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์

จากรูปที่ 8 เป็นรูปแสดงระบบช่วงล่างของรถยนต์ซึ่งแสดงอยู่ในรูปแบบของQuarter car model และใช้ในการสร้างสมการแบบจำลองการเคลื่อนที่เพื่อนำสมการไปใช้ในการคำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นต่อไป

จากสมการที่ (2-1) และ (2-2) เป็นสมการที่ใช้ควบคุมการสั่นสะเทือนของระบบช่วงล่างของรถโดยสาร ในโครงงานนี้ไม่ได้ต้องการควบคุมระบบการสั่นสะเทือนทำให้เขียนสมการใหม่ดังนี้

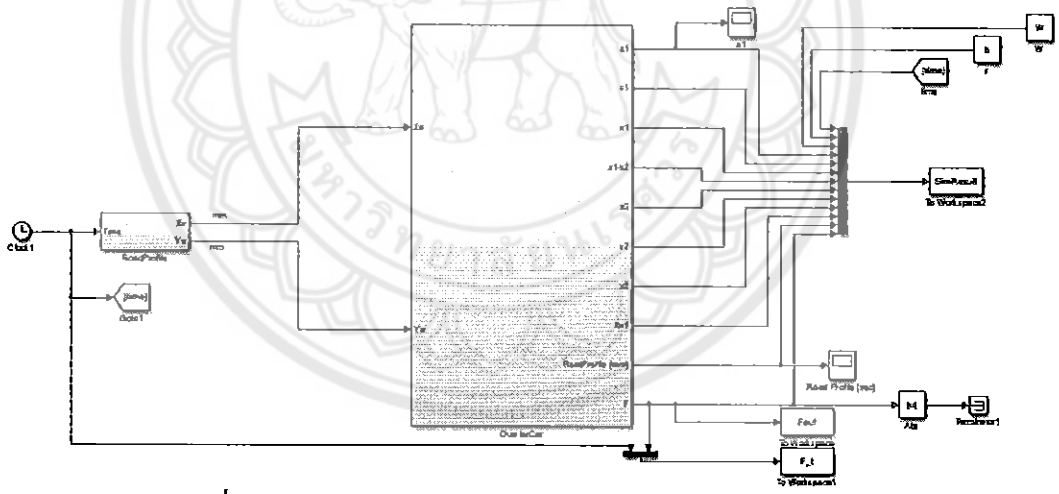
$$M_1\ddot{X}_1 + b_1(\dot{X}_1 - \dot{X}_2) + K_1(X_1 - X_2) = 0 \quad (4\text{-}4)$$

$$M_2\ddot{X}_2 - b_1(\dot{X}_1 - \dot{X}_2) - K_1(X_1 - X_2) - b_2(W - X_2) - K_2(W - X_2) = 0 \quad (4\text{-}5)$$



รูปที่ 9 แบบจำลอง MATLAB (Simulink) ของระบบช่วงล่างรถยนต์

จากรูปที่ 9 เป็นการนำสมการที่ (4-4) และ (4-5) มาเขียนในรูปของ Block Diagram ของโปรแกรม MATLAB (Simulink) ซึ่งเป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์เพื่อทดสอบแรงที่เกิดขึ้นขณะที่รถยนต์เคลื่อนที่ผ่านโปรไฟล์ความโค้งที่ Input เข้าไป



รูปที่ 10 แบบจำลองสำหรับนำเข้า, ส่งออกข้อมูลและประมวลผล

จากรูปที่ 10 เป็นการประมวลผลและแสดงผลตามขั้นตอนของ MATLAB (Simulink) ซึ่งรูปดังกล่าวเป็นการนำ Block Diagram จากรูปที่ 9 มาเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมในส่วนของโปรไฟล์ความโค้งและการประมวลผลรวมไปถึงการแสดงผลออกมา

3.9 เลือกซื้อสันชะลอความเร็ว

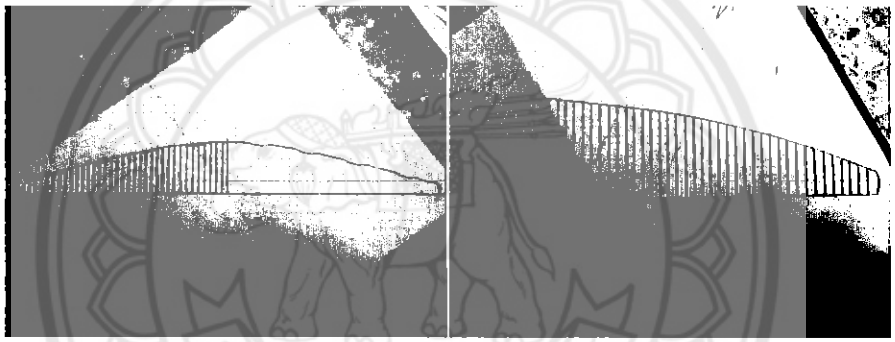
3.9.1 เลือกซื้อสันชะลอความเร็วตามท้องตลาดที่ได้มาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมืองกำหนดซึ่งเลือกซื้อ 2 แบบ ดังนี้

ก. สันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 5

ข. สันชะลอความเร็วขนาด 500x400x60 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6

3.9.2 หาลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วที่ซื้อมา

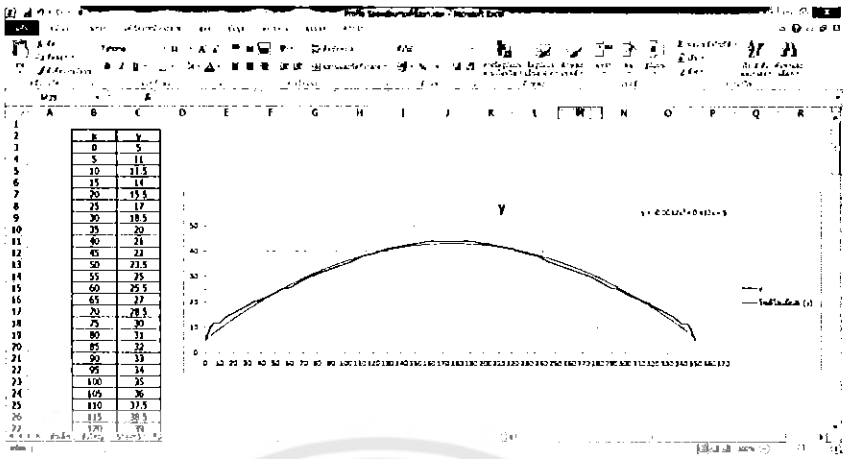
ทำการวัดขนาดและลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วที่ซื้อจากท้องตลาด โดยวิธีการใช้ไม้บรรทัดวัดขนาดความกว้างและความสูง และบันทึกค่าลงในโปรแกรม excel ซึ่งจะได้ขนาดตามแนวแกน X และ Y ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การวัดลักษณะความโค้งสันชะลอความเร็วที่ซื้อตามท้องตลาด

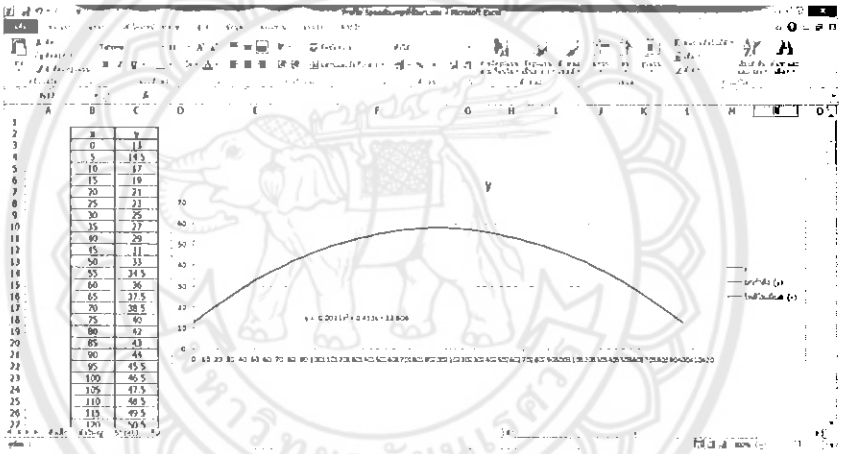
3.9.3 ใช้วิธีการ curve fitting ผ่านโปรแกรม excel เพื่อหาสมการความโค้ง

เมื่อได้ขนาดของสันชะลอความเร็วที่ซื้อมา จากนั้นทำการพลอตกราฟตามลักษณะความโค้งที่วัดได้ เพื่อทำการ curve fitting โดยใช้ชนิดเส้นแนวโน้มรูปแบบโพลิโนเมียลอันดับที่สองในการหาสมการความสัมพันธ์ของเส้นโค้งนั้นๆ ซึ่งสมการความโค้งของสันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร คือ $y = -0.0012x^2 + 0.432x + 5$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9996 ดังรูปที่ 12 และสมการความโค้งของสันชะลอความเร็วขนาด 500x400x60 มิลลิเมตร คือ $y = -0.0011x^2 + 0.453x + 12.606$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9883 ดังรูปที่ 13



x	y
0	5
5	11
10	17.5
15	14
20	15.5
25	17
30	18.5
35	20
40	21
45	22
50	23.5
55	25
60	25.5
65	27
70	28.5
75	30
80	31
85	32
90	33
95	34
100	35
105	36
110	37.5
115	38.5
120	40

รูปที่ 12 ลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร

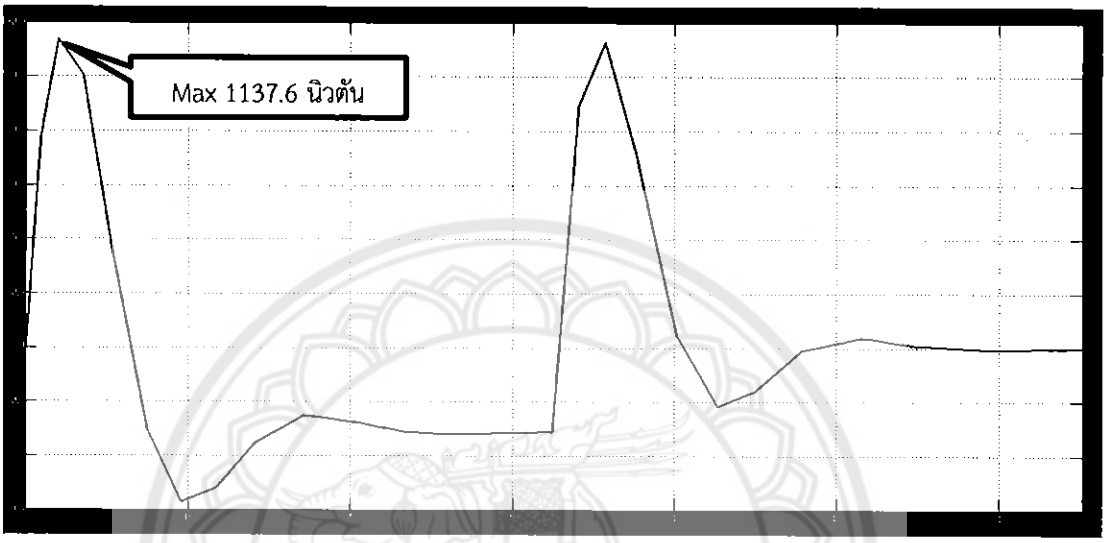


x	y
0	18
5	19.5
10	17
15	19
20	21
25	23
30	25
35	27
40	29
45	31
50	33
55	34.5
60	36
65	37.5
70	38.5
75	40
80	42
85	43
90	44
95	45.5
100	46.5
105	47.5
110	48.5
115	49.5
120	50.5

รูปที่ 13 ลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วขนาด 500x400x60 มิลลิเมตร

3.9.4 Input โปรไฟล์ลักษณะต่างๆ ในแบบจำลองการเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้นในโปรแกรม MATLAB (Simulink) จะได้ output คือค่าของแรงที่เกิดขึ้นดังต่อไปนี้

- สันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร ค่าแรงสูงสุดคือ 1137.6 นิวตัน ดังรูปที่ 14

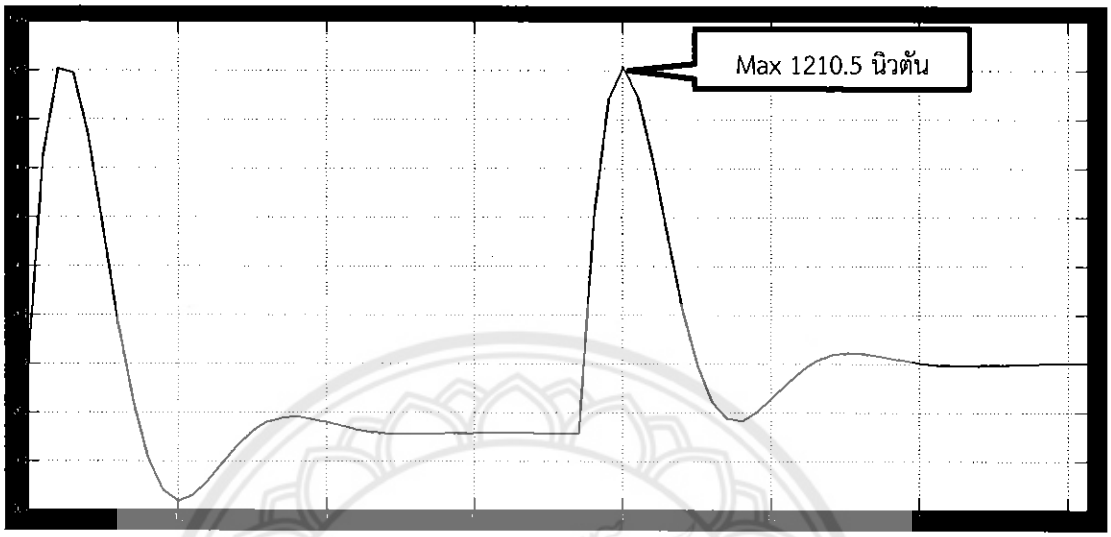


รูปที่ 14 ผลของแรงที่เกิดขึ้นของสันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 14 เป็นกราฟผลการทดสอบแรงที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ซึ่งแกน x คือ**เวลามีหน่วยเป็นวินาที** แกน y คือ แรง มีหน่วยเป็น นิวตัน โดยใช้สันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร **โดยใช้โปร**แกรม MATLAB (Simulink)ในการจำลองการเคลื่อนที่และวิเคราะห์แรง**ที่เกิดขึ้น**

เ๗๑๖20X ปร
ก131ก
2558
จำนักหอสมุด

- สันชะลอความเร็วขนาด 500x400x60 มิลลิเมตร ค่าแรงสูงสุดคือ 1210.5 นิวตัน ดังรูปที่ 15



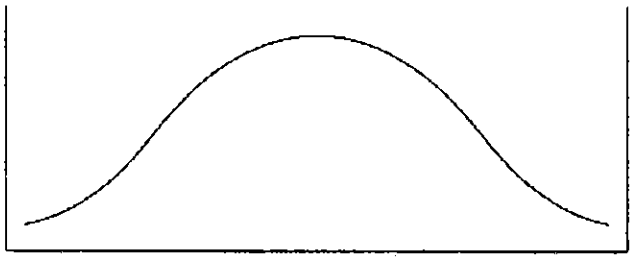
รูปที่ 15 ผลของแรงที่เกิดขึ้นของสันชะลอความเร็วขนาด500x400x60 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 15 เป็นกราฟผลการทดสอบแรงที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ซึ่งแกน x คือเวลามีหน่วยเป็นวินาที แกน y คือ แรง มีหน่วยเป็น นิวตัน โดยใช้สันชะลอความเร็วขนาด 500x400x60 มิลลิเมตร โดยใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink)ในการจำลองการเคลื่อนที่และวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้น

3.10 ออกแบบลักษณะความโค้ง

3.10.1 กำหนดลักษณะความโค้ง 3 แบบ ได้แก่

ก. วงกลม ต่อกับ วงกลม

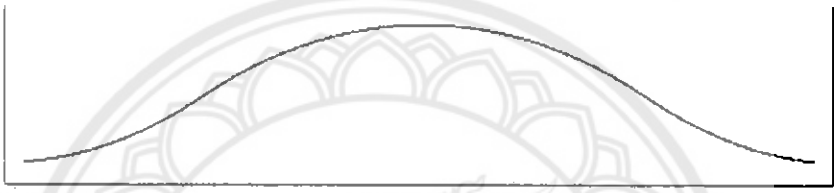


รูปที่ 16 พาราโบลา ต่อกับ พาราโบลา

ข. พาราโบลา ต่อกับ พาราโบลา

รูปที่ 17 พาราโบลา ต่อกับ พาราโบลา

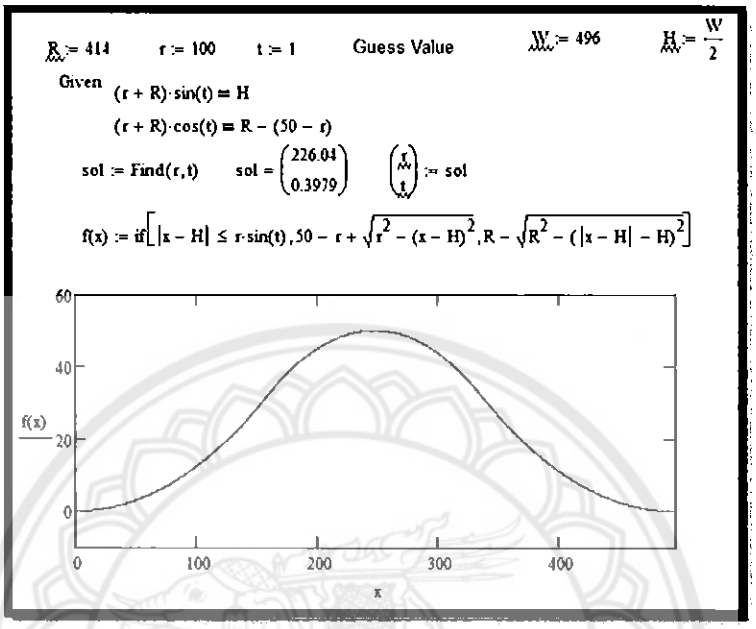
ค. วงกลม ต่อกับ พาราโบลา



รูปที่ 18 วงกลม ต่อกับ พาราโบลา

กำหนดรูปแบบความโค้ง 3 รูปแบบเพื่อจำกัดขอบเขตในการทดลอง จากนั้นนำรูปแบบดังกล่าวมาใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink) เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์โดยนำรูปแบบโปรไฟล์ความโค้งที่กำหนดมาทดสอบโดยการปรับพารามิเตอร์ไปเรื่อย ๆ เพื่อดูแรงที่เกิดขึ้นที่รถกระทำกับสันชะลอความเร็วนั้น และใช้ฟังก์ชัน Genetic Algorithm ซึ่งเป็นฟังก์ชันใน MATLAB ช่วยในการทดสอบโดย Genetic Algorithm นี้จะช่วยในการจำลองและเปลี่ยนตัวแปรไปเรื่อย ๆ ประมาณ 2,500 สมการเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุด

3.10.2 ใช้ MathCAD เพื่อช่วยในการหาค่าเริ่มต้นของตัวแปรที่เหมาะสม และสามารถสร้างได้จริง



รูปที่ 19 ตัวอย่างของโปรแกรม MathCAD ของวงกลมต่อกับวงกลม

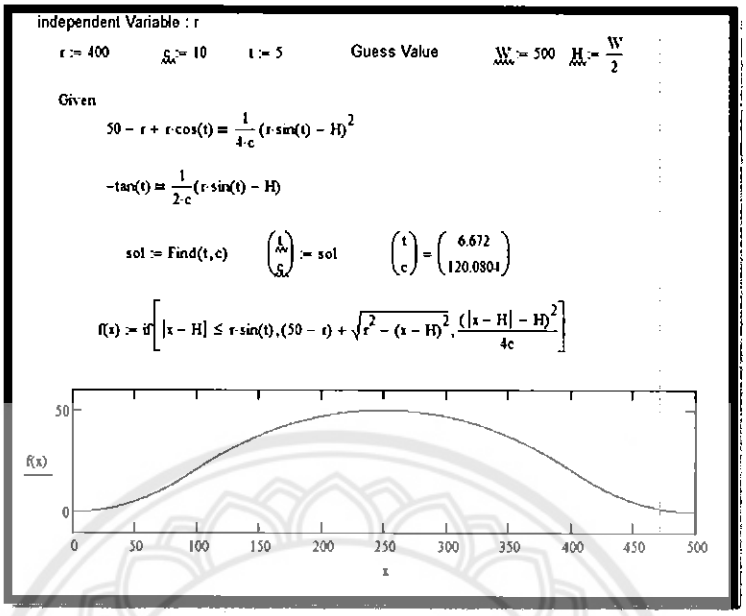
จากรูปที่ 19 เป็นหน้าต่างของโปรแกรม MathCAD ซึ่งเป็นการกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ในกรณีนี้ตัวแปรต้นคือ R และตัวแปรตามคือ r และ t

โดยที่ R คือ รัศมีของวงกลมฟังก์ชันแรก มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

r คือ รัศมีของวงกลมฟังก์ชันที่สอง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

t คือ ค่าของมุมที่วัดจากเส้นกึ่งกลางที่ตั้งฉากของโปรไฟล์ไปยังจุดเชื่อมต่อของเส้นโค้ง มีหน่วยเป็น เรเดียล

เมื่อทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรต้น โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าตัวแปรตามที่เหมาะสม ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้สมการข้างต้นนั้นมีความสอดคล้องกัน และโปรแกรมจะแสดงรูปแบบกราฟของสมการดังออกมาอย่างชัดเจน



รูปที่ 20 ตัวอย่างของโปรแกรม MathCAD ของวงกลมต่อกับพาราโบลา

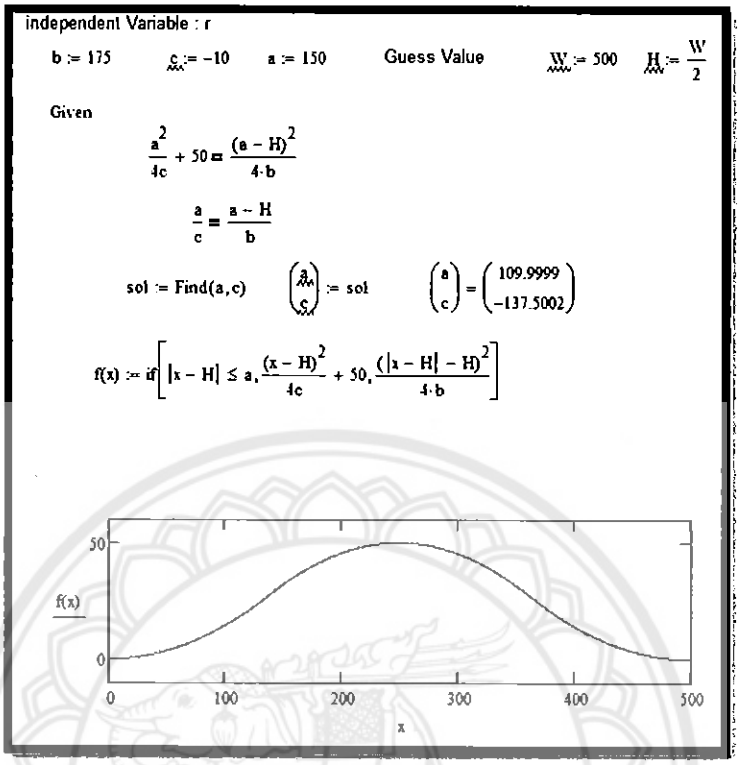
จากรูปที่ 20 เป็นหน้าต่างของโปรแกรม MathCAD ซึ่งเป็นการกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ในกรณีนี้ตัวแปรต้นคือ r และตัวแปรตามคือ t และ c

โดยที่ r คือ รัศมีของวงกลมฟังก์ชันแรก มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

t คือ ค่าของมุมที่วัดจากเส้นกึ่งกลางที่ตั้งฉากของโปรไฟล์ไปยังจุดเชื่อมต่อของเส้นโค้ง มีหน่วยเป็น เรเดียล

c คือ ระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่สอง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

เมื่อทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรต้น โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าตัวแปรตามที่เหมาะสม ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้สมการข้างต้นนั้นมีความสอดคล้องกัน และโปรแกรมจะแสดงรูปแบบกราฟของสมการดังออกมาอย่างชัดเจน



รูปที่ 21 ตัวอย่างของโปรแกรม MathCAD ของพาราโบลาต่อกับพาราโบลา

จากรูปที่ 21 เป็นหน้าต่างของโปรแกรม MathCAD ซึ่งเป็นการกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ในกรณีนี้ตัวแปรต้นคือ b และตัวแปรตามคือ c และ a

โดยที่ b คือ ระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่หนึ่ง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

c คือ ระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่สอง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

a คือ ตำแหน่งที่เส้นโค้งสองเส้นต่อกัน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

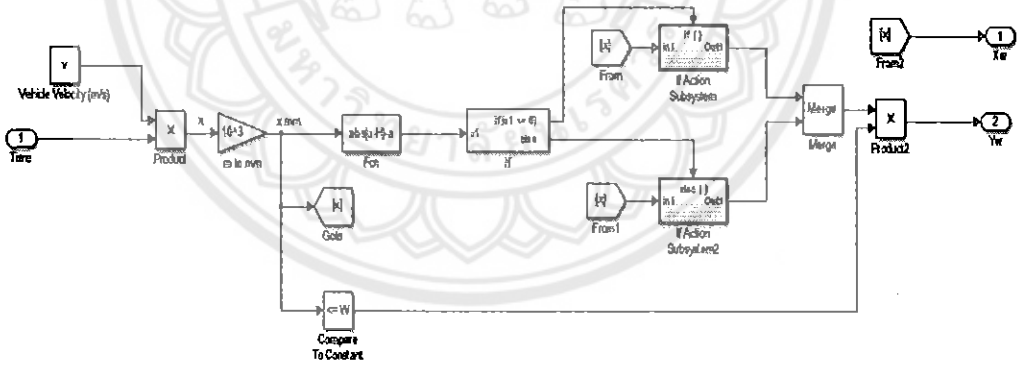
เมื่อทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรต้น โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าตัวแปรตามที่เหมาะสม ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้สมการข้างต้นนั้นมีความสอดคล้องกัน และโปรแกรมจะแสดงรูปแบบกราฟของสมการดังออกมาอย่างชัดเจน

โปรแกรม MatCAD นี้เราจะนำสมการรูปทั่วไปของเส้นโค้งต่าง ๆ เช่น พาราโบลา วงกลม และทำการหาความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกัน โดยมีเงื่อนไขว่าจุดที่เส้นโค้งทั้งสองเส้นต่อกันต้องมีตำแหน่งเดียวกันและมีความชันที่เท่ากัน จากนั้นนำสมการความสัมพันธ์ของเส้นโค้งนี้ไปใส่ในโปรแกรม MATLAB (Simulink) แต่เนื่องจากตัวโปรแกรม MATLAB (Simulink) ยังมีข้อพกพร่องกล่าวคือถ้าให้ตัวแปรเริ่มต้นผิด เช่น ตัวแปรต้นควรเป็นต่าบวกแต่ถ้าหากเรากำหนดค่าที่เป็นลบแล้ว

โปรแกรมอาจจะแสดงผลผิดพลาดได้ ดังนั้นเพื่อความแม่นยำในการคำนวณเราจึงได้ใช้โปรแกรม MatCAD เพื่อช่วยหาค่าเริ่มต้นที่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรม MatCAD มีรูปแบบการใช้ที่ง่ายกว่าและสามารถดูรูปแบบลักษณะความโค้งได้ทันทีเมื่อทำการปรับค่าพารามิเตอร์

นอกจากนี้อีกเงื่อนไขหนึ่งที่สำคัญ นั่นคือการคำนึงถึงรูปแบบโปรไฟล์ความโค้งของสันชะลอความเร็วกับรัศมีความโค้งของล้อรถยนต์ คือถ้ารัศมีความโค้งของสันชะลอความเร็วช่วงขึ้นและลงมีค่ามากกว่ารัศมีความโค้งของล้อ ซึ่งสามารถลดแรงกระแทกลงได้ เพราะเนื่องจากจะไม่เกิดช่องว่างระหว่างล้อกับสันชะลอความเร็ว ซึ่งจะทำให้ล้อของรถยนต์ไม่เกิดการเปลี่ยนจุดสัมผัสอย่างฉับพลัน และผิวของล้อรถยนต์จะสามารถสัมผัสกับพื้นผิวของสันชะลอความเร็วได้ทุกจุดตลอดการเคลื่อนที่ จึงทำให้รถเคลื่อนที่ได้อย่างราบรื่นอีกทั้งยังไม่ก่อเกิดความเสียหายต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลรัศมีของล้อรถยนต์นั่งส่วนบุคคลโดยทั่วไป จะมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 300-350 มิลลิเมตร ดังนั้นการกำหนดรัศมีความโค้งของสันชะลอความเร็วดังกล่าวจะกำหนดให้ค่าเริ่มต้นของรัศมีความโค้งที่ออกแบบมีค่าตั้งแต่ 300 มิลลิเมตร ขึ้นไป

3.10.3 จำลองการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วตามลักษณะความโค้งทั้ง 3 รูปแบบโดยใช้โปรแกรม MATLAB (Simulink)



รูปที่ 22 Block diagram ส่วนของรูปแบบโปรไฟล์

จากรูปที่ 22 เป็น Block diagram ส่วนของรูปแบบโปรไฟล์ที่ได้ออกแบบเพื่อนำไปใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่และวิเคราะห์หาแรงที่เกิดขึ้นต่อไป

เมื่อได้สมการความสัมพันธ์ของรูปแบบความโค้งที่กำหนด จะนำสมการดังกล่าวมาใส่ในบล็อกไดอะแกรมส่วนของรูปแบบโปรไฟล์ จากนั้นข้อมูลในส่วนนี้จะถูกส่งไปยังส่วนของบล็อกไดอะแกรมของแบบจำลองควอเตอร์คาร์โมเดลต่อไป เพื่อทำการจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ขณะเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วตามสมการของรูปแบบความโค้งนั้น ๆ โดยสามารถปรับ

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบและขนาดของสันชะลอความเร็วจากการใช้ฟังก์ชัน Genetic Algorithm ในการคำนวณหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด และไม่ก่อให้เกิดแรงกระแทก

3.10.4 กำหนดขอบเขตและเงื่อนไขให้ Genetic Algorithm ดังนี้

ก. ขนาดความกว้างของฐานสันชะลอความเร็ว

กำหนดให้การจำลองการเคลื่อนที่ มีขนาดความกว้างระหว่าง 400 – 500 มิลลิเมตร

ข. ค่าเริ่มต้นของตัวแปรต้น

ช่วงของค่าตัวแปรต้นได้แก่ R, r และ b ขึ้นกับรูปแบบที่ใช้ทดสอบ ซึ่งเป็นการกำหนดโดยอ้างอิงจากโปรแกรม MatCAD เพื่อให้สมการสอดคล้องและสามารถใช้งานได้จริง

ค. ความละเอียดในการคำนวณ

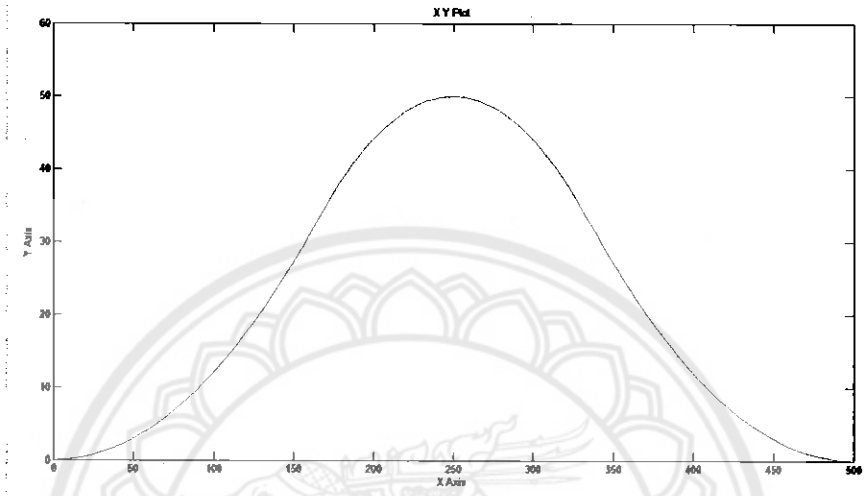
Genetic Algorithm นั้นเปรียบเสมือนกับว่าเป็นเครื่องมือในการช่วยจำลองการเคลื่อนที่หลายๆ ครั้ง ดังนั้นเราสามารถกำหนดความละเอียดในการคำนวณได้ เช่น ความกว้างของฐานอยู่ระหว่าง 400 – 500 มิลลิเมตร กำหนดความละเอียดเท่ากับ 0.1 ดังนั้นเมื่อโปรแกรมทำการจำลองการเคลื่อนที่โปรแกรมจะเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ความกว้างของฐาน 400.0 , 400.1 , 400.2 , ... ,400.9 , 500.0 เป็นต้น

ง. จำนวนของกลุ่มประชากรที่ใช้ในการคำนวณ

การใช้ Genetic Algorithm เป็นการนำกระบวนการทางชีววิทยามาใช้ เช่น หลักทางพันธุศาสตร์ การเลือกโครโมโซม ยีนเด่น ยีนด้อย มีการผ่าเหล่าหรือการข้ามสายพันธุ์เพื่อให้เกิดยีนที่เด่นที่สุด เป็นต้น ในที่นี้จะให้ ตัวแปรต้นของแต่ละรูปแบบความโค้งและความกว้างของสันชะลอความเร็วเป็นโครโมโซม และทำการกำหนดจำนวนกลุ่มของประชากรเท่ากับ 50 กลุ่ม และสมาชิกแต่ละกลุ่มเท่ากับ 50 ค่า จากนั้นนำมาจำลองการเคลื่อนที่ผ่านโปรแกรม MATLAB (Simulink) ซึ่งจะได้ output คือแรงออกมาค่าหนึ่ง โดย Genetic Algorithm จะทำการจับคู่ไหม่ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ค่าที่ดีที่สุด กล่าวคือได้ผลแรงออกมาน้อยที่สุด

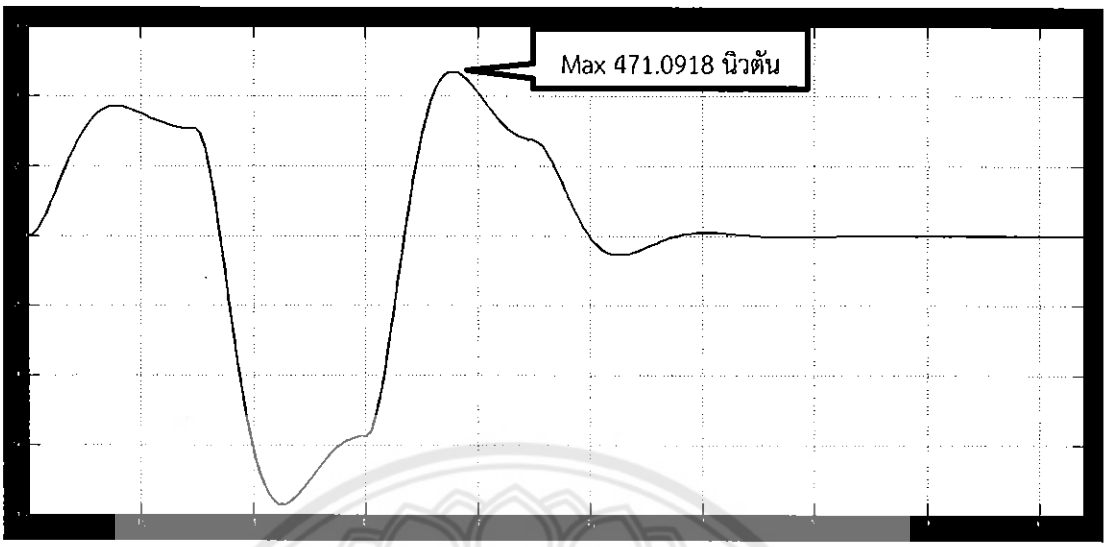
3.10.5 วิเคราะห์แรงเกิดขึ้นจากลักษณะความโค้งแบบต่างๆ เพื่อเลือกรูปแบบและขนาดที่ได้ผลแรงน้อยที่สุด โดยแบ่งออกเป็นลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก. พาราโบลาต่อกับพาราโบลา



รูปที่ 23 รูปแบบโปรไฟล์พาราโบลาต่อกับพาราโบลา

จากรูปที่ 23 แสดงลักษณะโปรไฟล์ความโค้งแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลาที่ได้จาก MATLAB (Simulink) โดยแกน x คือ ระยะความกว้างของฐานสันชะลอความเร็ว และแกน y คือ ระยะความสูงของสันชะลอความเร็ว ซึ่งเป็นรูปแบบความโค้งที่ได้แรงกระทำในแนวดิ่งน้อยที่สุดของรูปแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา



รูปที่ 24 กราฟแสดงผลแรงจากรูปแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา

จากรูปที่ 24 เป็นกราฟแสดงผลของแรงที่เกิดขึ้นจากสันชะลอความเร็วรูปแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา ซึ่งพบว่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 471.0918 นิวตัน และจะได้รูปแบบสมการความโค้งที่เหมาะสม คือ $f(x) = if\left[|x-H| \le a, \frac{(x-H)^2}{4\cdot c} + 50, \frac{(|x-H|-H)^2}{4\cdot b}\right]$ (4-6)

โดยที่ x คือ ระยะระยะตามแนวแกนนอน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

W คือ ความกว้างของฐานสันชะลอความเร็วซึ่งมีค่าเท่ากับ 499.9985 มิลลิเมตร

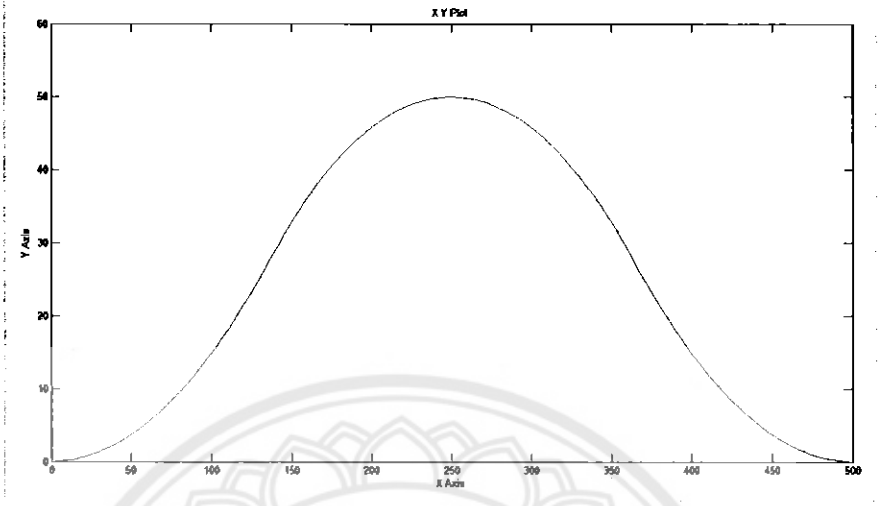
H คือ ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างของฐาน (W/2)

a คือ ตำแหน่งที่เส้นโค้งสองเส้นต่อกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 84.5758 มิลลิเมตร ไปตามแนวแกนนอน

b คือ ตัวแปรต้นหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่หนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 206.4805 มิลลิเมตร

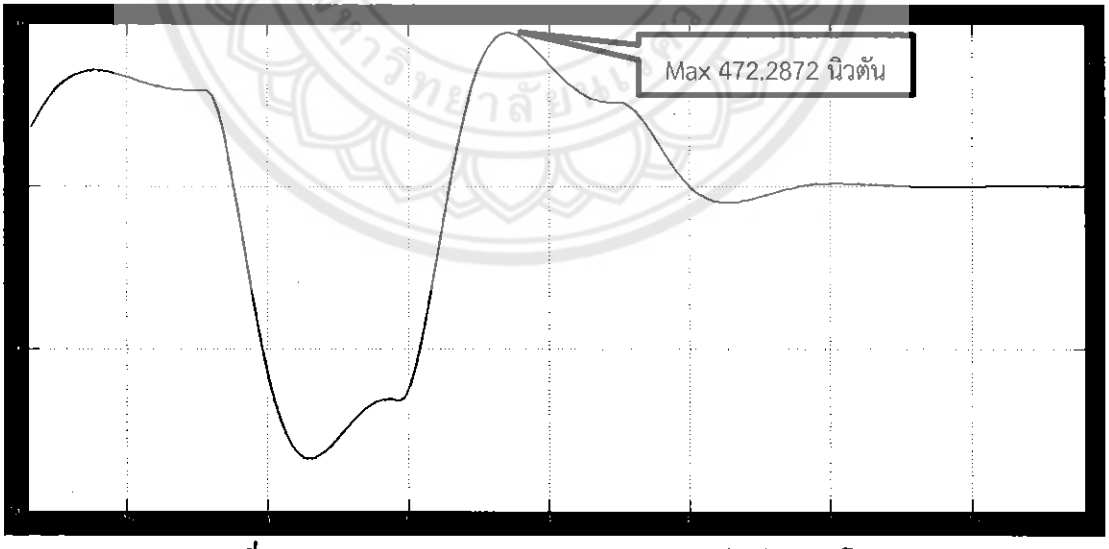
c คือ ตัวแปรตามหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่สอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ -105.6591 มิลลิเมตร

ข. วงกลมต่อกับพาราโบลา



รูปที่ 25 รูปแบบโปรไฟล์วงกลมต่อกับพาราโบลา

จากรูปที่ 25 แสดงลักษณะโปรไฟล์ความโค้งแบบวงกลมต่อกับพาราโบลาที่ได้จาก MATLAB (Simulink) โดยแกน x คือ ระยะความกว้างของฐานสันชะลอความเร็ว และแกน y คือระยะความสูงของสันชะลอความเร็ว ซึ่งเป็นรูปแบบความโค้งที่ได้แรงกระทำในแนวดิ่งน้อยที่สุดของรูปแบบวงกลมต่อกับพาราโบลา



รูปที่ 26 กราฟแสดงผลแรงจากรูปแบบวงกลมต่อกับพาราโบลา

จากรูปที่ 26 เป็นกราฟแสดงผลของแรงที่เกิดขึ้นจากสันชะลอความเร็วรูปแบบวงกลมต่อกับพาราโบลาซึ่งพบว่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 472.2872 นิวตัน และจะได้รูปแบบสมการความโค้งที่เหมาะสม คือ

$$f(x) = if\left[\left|x-H\right| \le r \cdot \sin(t), (50-r) + \sqrt{r^2-(x-H)^2}, \frac{(\left|x-H\right|-H)^2}{4 \cdot c}\right] \quad (4\text{-}7)$$

โดยที่ x คือ ระยะระยะตามแนวแกนนอน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

W คือ ความกว้างของฐานสันชะลอความเร็วซึ่งมีค่าเท่ากับ 499.9999 มิลลิเมตร

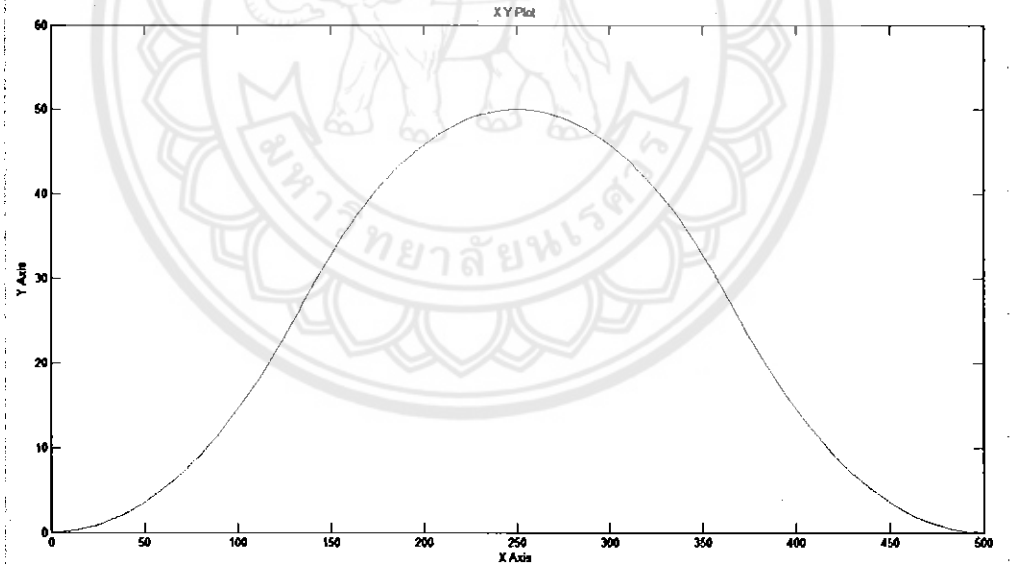
H คือ ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างของฐาน (W/2)

r คือรัศมีของวงกลมฟังก์ชันแรก ซึ่งกำหนดเป็นตัวแปรต้นมีค่าเท่ากับ 201.5964 มิลลิเมตร

c คือ ตัวแปรตามหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่สอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 215.4833 มิลลิเมตร

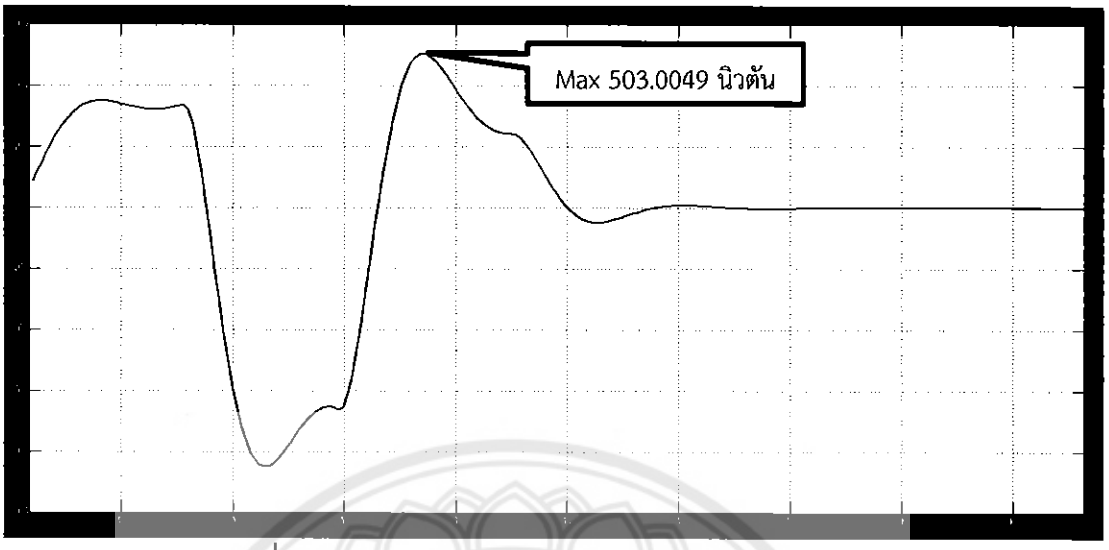
t คือ ค่าของมุมที่วัดจากเส้นกึ่งกลางที่ตั้งฉากของโปรไฟล์ไปยังจุดเชื่อมต่อของเส้นโค้ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.6677 เรเดียล

ค. วงกลมต่อกับวงกลม



รูปที่ 27 รูปแบบโปรไฟล์วงกลมต่อกับวงกลม

จากรูปที่ 27 แสดงลักษณะโปรไฟล์ความโค้งแบบวงกลมต่อกับวงกลมที่ได้จาก MATLAB (Simulink) โดยแกน x คือ ระยะความกว้างของฐานสันชะลอความเร็ว และแกน y คือระยะความสูงของสันชะลอความเร็ว ซึ่งเป็นรูปแบบความโค้งที่ได้แรงกระทำในแนวดิ่งน้อยที่สุดของรูปแบบวงกลมต่อกับวงกลม



รูปที่ 28 กราฟแสดงผลแรงจากรูปแบบวงกลมต่อกับวงกลม

จากรูปที่ 28 เป็นกราฟแสดงผลของแรงที่เกิดขึ้นจากสันชะลอความเร็วรูปแบบวงกลมต่อกับวงกลมซึ่งพบว่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 503.0049 นิวตัน และจะได้รูปแบบสมการความโค้งที่เหมาะสม คือ

$$f(x) = if\left[|x-H| \le r \cdot \sin(t), 50 - r + \sqrt{r^2 - (x-H)^2}, R - \sqrt{R^2 - (|x-H|-H)^2}\right] \quad (4\text{-}8)$$

โดยที่ x คือ ระยะระยะตามแนวแกนนอน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

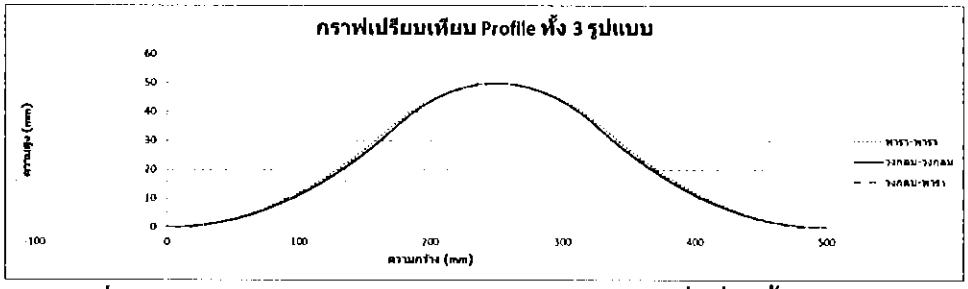
W คือ ความกว้างของฐานสันชะลอความเร็วซึ่งมีค่าเท่ากับ 499.9985 มิลลิเมตร

H คือ ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างของฐาน (W/2)

R คือ รัศมีของวงกลมฟังก์ชันแรก ซึ่งกำหนดเป็นตัวแปรต้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 448.7355 มิลลิเมตร

r คือ รัศมีของวงกลมฟังก์ชันที่สอง ซึ่งกำหนดเป็นตัวแปรตามซึ่งมีค่าเท่ากับ 199.991 มิลลิเมตร

t คือ ค่าของมุมที่วัดจากเส้นกึ่งกลางที่ตั้งฉากของโปรไฟล์ไปยังจุดเชื่อมต่อของเส้นโค้ง มีค่าเท่ากับ 0.3948 เรเดียล



รูปที่ 29 กราฟแสดงลักษณะ Profile สันชะลอความเร็วที่ดีที่สุดทั้ง 3 รูปแบบ

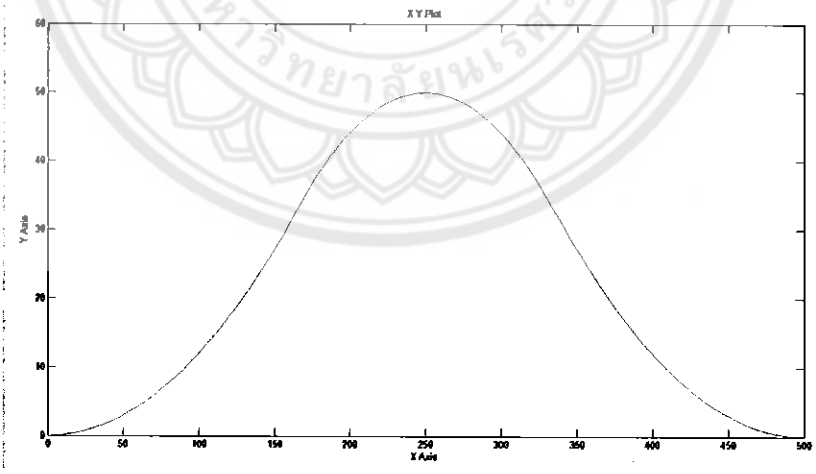
จากรูปที่ 29 เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MATLAB (Simulink) โดยใช้ Genetic Algorithm จะได้ลักษณะโปรไฟล์ทั้ง 3 รูปแบบ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของฟังก์ชัน Genetic Algorithm ที่เลือกใช้นั้นมีความแม่นยำสูง ซึ่งสามารถสรุปการเปรียบเทียบดังตารางที่ 3

รูปแบบ	ความกว้าง (mm)	ความสูง (mm)	แรง (Newton)
พาราโบลาต่อกับพาราโบลา	500	50	471.0918
วงกลมต่อกับพาราโบลา	500	50	472.2872
วงกลมต่อกับวงกลม	500	50	503.0049

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบโดยใช้ Genetic Algorithm

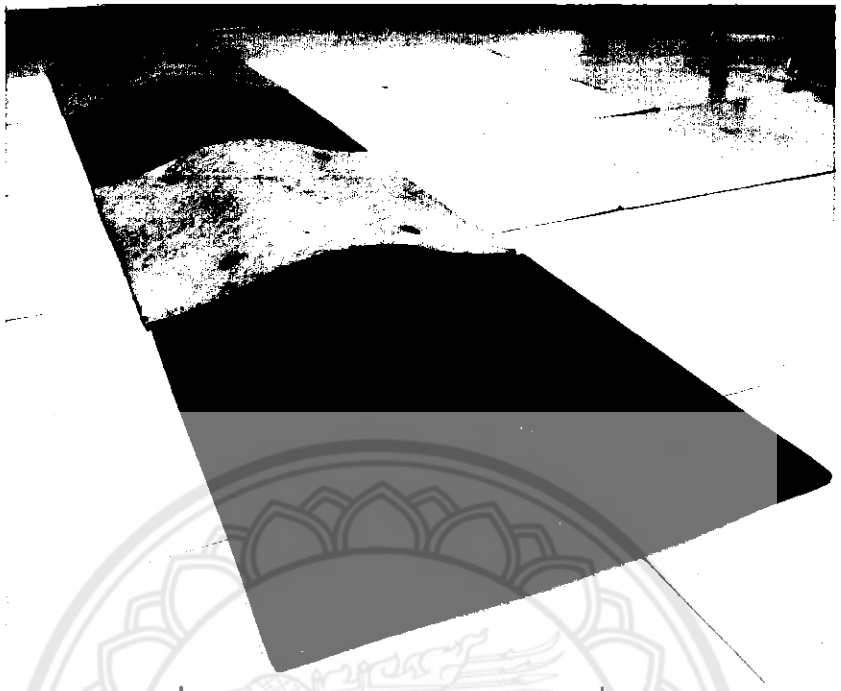
3.10.6 สร้างสันชะลอความเร็วจากรูปแบบและขนาดที่เลือกข้างต้น

ผลจากการรันโปรแกรม จะได้ลักษณะความโค้ง คือแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลาซึ่งเป็นลักษณะที่ให้แรงออกมาน้อยที่สุด เท่ากับ 471.0918 นิวตัน ดังนั้นเราจึงได้สร้างโมเดลต้นแบบเพื่อนำมาทดสอบต่อไป



รูปที่ 30 รูปแบบโปรไฟล์ที่เหมาะสมที่สุด คือแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา

จากรูปที่ 30 คือ รูปแบบโปรไฟล์ที่เหมาะสมที่สุด คือแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา ซึ่งเป็นผลจากการใช้ MATLAB Simulink และใช้ฟังก์ชัน Genetic Algorithm ช่วยในการเลือกลักษณะที่ดีที่สุด



รูปที่ 31 โมเดลต้นแบบสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ

จากรูปที่ 31 คือ โมเดลต้นแบบสันชะลอความเร็วที่ออกแบบเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบจริง ซึ่งคือรูปแบบพาราโบลาต่อกับพาลาโบลาโดยใช้วัสดุ Fiber Resin ในการผลิต

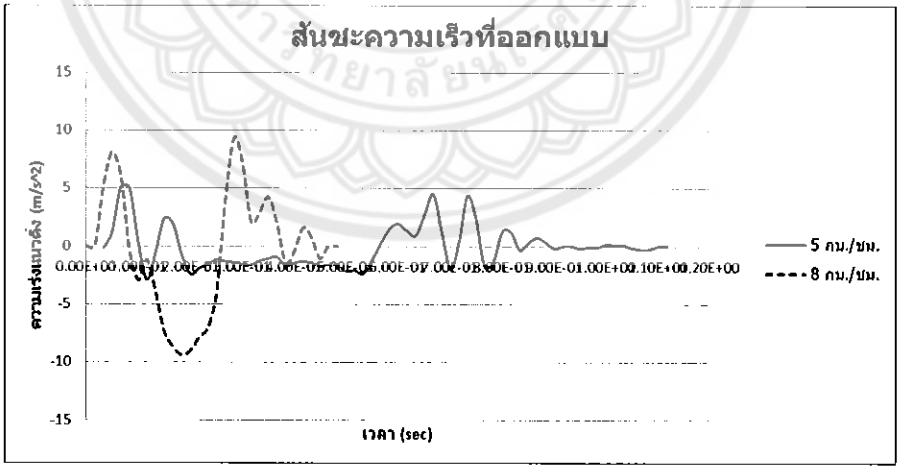
3.11 การทดสอบ

การทดสอบโดยนำการรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วที่สร้างขึ้น ซึ่งความเร็วของรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือ 5 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Tracking Result Analysis เพื่อวิเคราะห์หาความเร่งในแนวดิ่ง ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

รูปที่ 32 การทดสอบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและสร้างขึ้น

จากรูปที่ 32 เป็นรูปแสดงการทดสอบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็ว ที่ออกแบบ โดยใช้โปรแกรม Tracking Result Analysis เพื่อวิเคราะห์หาความเร่งในแนวดิ่งต่อไป

ความเร็ว 5 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 33 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ

จากรูปที่ 33 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของความเร็วที่ 5 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะพบว่าที่ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีความเร่งในแนวดิ่งสูงสุดประมาณ 5 m/s^2 และที่ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีความเร่งในแนวดิ่งสูงสุดประมาณ 9 m/s^2

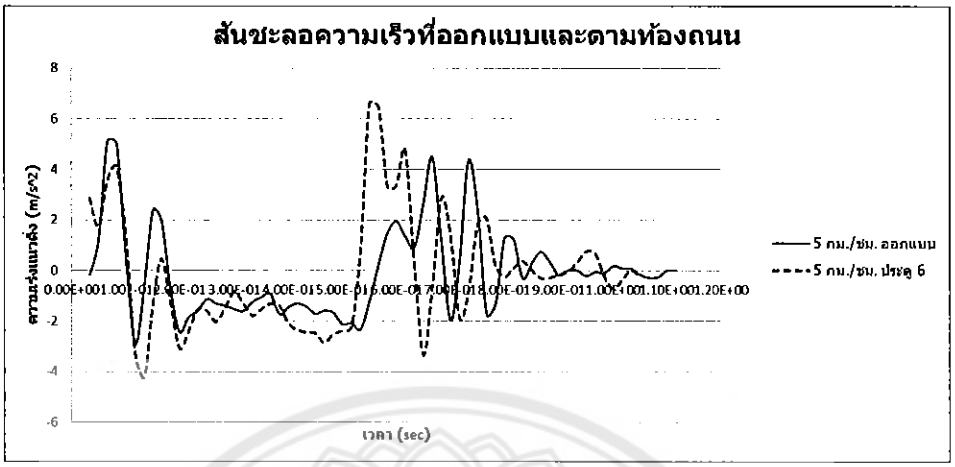
3.12 วิเคราะห์และเปรียบเทียบ

3.12.1 เปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะความเร็วที่ออกแบบกับสันชะลอความเร็วที่ใช้ตามท้องถนนทั่วไป

รูปที่ 34 การทดสอบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็ว
ที่ใช้ตามท้องถนนทั่วไป

จากรูปที่ 34 เป็นรูปแสดงการทดสอบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็ว ที่ใช้ตามท้องถนนทั่วไปโดยใช้โปรแกรม Tracking Result Analysis เพื่อวิเคราะห์หาความเร่งในแนวดิ่งต่อไป

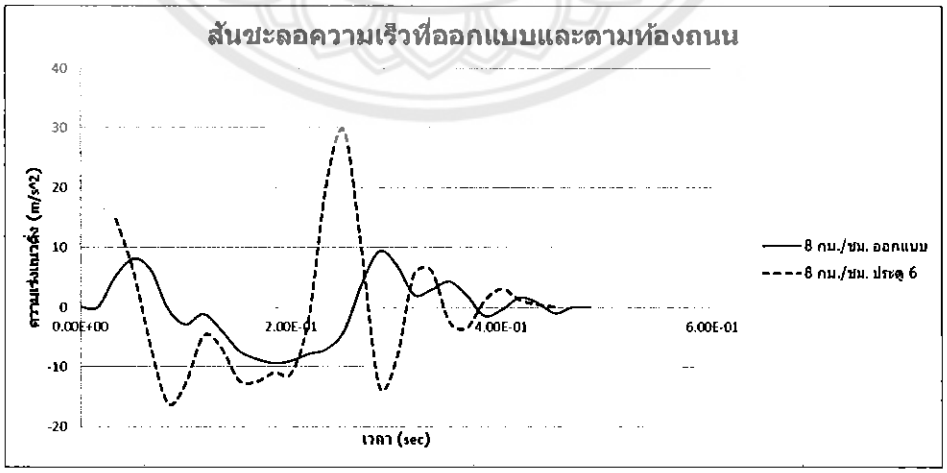
ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 35 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและที่ใช้ตามท้องถนน โดยใช้ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 35 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและสันชะลอความเร็วตามท้องถนน โดยใช้ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่งโมง จะพบว่าความเร่งในแนวดิ่งสูงสุดของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบมีค่าประมาณ 5 m/s^2 และความเร่งในแนวดิ่งสูงสุดของสันชะลอความเร็วตามท้องถนนมีค่าประมาณ 7 m/s^2

ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 36 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและที่ใช้ตามท้องถนน โดยใช้ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 36 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและสันชะลอความเร็วตามท้องถนน โดยใช้ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่งโมง จะพบว่าความเร่งในแนวดิ่งสูงสุดของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบมีค่าประมาณ 9 m/s^2 และความเร่งในแนวดิ่งสูงสุดของสันชะลอความเร็วตามท้องถนนมีค่าประมาณ 30 m/s^2

3.13 วิจารณ์ผลการทดลอง

3.13.1 สันชะลอความเร็วตามท้องตลาด

จากการวิเคราะห์แรงของสันชะลอความเร็วโดยใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้นในโปรแกรม MATLAB (Simulink) ทั้ง 2 ขนาด คือ ขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร และ 500x400x60 มิลลิเมตร พบว่ารูปแบบแรกจะเกิดค่าแรงสูงสุดเท่ากับ 1137.6 นิวตัน และรูปแบบที่สองจะเกิดค่าแรงสูงสุด 1210.5 นิวตัน ซึ่งเมื่อเปรียบแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นที่สองรูปแบบจะพบว่าสันชะลอความเร็วขนาด 500x350x50 มิลลิเมตร มีค่าแรงที่ต่ำกว่าขนาด 500x400x60 และเนื่องจากสันชะลอความเร็วที่มีขายตามท้องตลาดนั้นยังไม่มีมาตรฐานของลักษณะความโค้ง จึงทำให้แรงกระแทกที่เกิดขึ้นมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งเกิดจากหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนจุดสัมผัสเริ่มต้นของล้อรถยนต์แบบฉับพลัน รัศมีความโค้งของสันชะลอความเร็วที่มีค่าน้อยกว่ารัศมีความโค้งของล้อ รวมไปถึงความสูงและความกว้างของสันชะลอความเร็วนั้น ดังนั้นการออกแบบสันชะลอความเร็วที่ไม่เกิดแรงกระแทกจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น อีกทั้งยังคำนึงถึงมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.2301-56 ซึ่งกำหนดไว้ว่าสันชะลอความเร็วควรมีความกว้างระหว่าง 300-900 มิลลิเมตร และความสูงไม่เกิน 75 มิลลิเมตร

3.13.2 สันชะลอความเร็วที่ออกแบบ

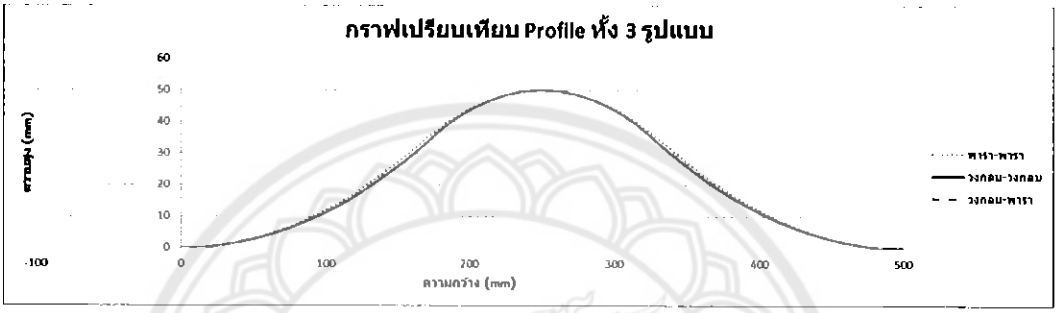
สันชะลอความเร็วที่ออกแบบ มี 3 รูปแบบ ได้แก่

- วงกลมต่อกับวงกลม
- พาราโบลาต่อกับพาราโบลา
- วงกลมต่อกับพาราโบลา

จากการวิเคราะห์แรงเพื่อเลือกรูปแบบที่ส่งผลให้เกิดแรงกระแทกน้อยที่สุด โดยใช้ฟังก์ชัน Genetic Algorithm จากโปรแกรม MATLAB ซึ่งพบว่าแต่ละรูปแบบจะได้แรงที่น้อยที่สุดดังนี้

- วงกลมต่อกับวงกลม แรงที่ได้เท่ากับ 503.0049 นิวตัน
- พาราโบลาต่อกับพาราโบลา แรงที่ได้เท่ากับ 471.0918 นิวตัน
- วงกลมต่อกับพาราโบลา แรงที่ได้เท่ากับ 472.2872 นิวตัน

จะพบว่ารูปแบบที่ดีที่สุด คือ รูปแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา ที่มีขนาดความกว้าง 499.9985 มิลลิเมตร สูง 50 มิลลิเมตร



รูปที่ 37 กราฟแสดงลักษณะ Profile สันชะลอความเร็วที่ดีที่สุดทั้ง 3 รูปแบบ

จากรูปที่ 37 เป็นกราฟแสดงให้เห็นลักษณะความโค้งทั้ง 3 รูปแบบซึ่งจะเห็นว่ามีลักษณะความโค้งและแรงใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นให้ถึงประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลของ ฟังก์ชัน Genetic Algorithm ได้เป็นอย่างดี แต่ในการสร้างแบบจำลองสันชะลอความเร็วเพื่อทดสอบจริงจะเลือกใช้รูปแบบที่มีค่าแรงน้อยที่สุด นั่นคือรูปแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลา ซึ่งเป็นรูปแบบที่ให้ผลลัพธ์เป็นที่หน้าพอใจเป็นอย่างยิ่งและตรงกับเป้าหมายที่จะหาลักษณะความโค้งของสันชะลอความเร็วที่สามารถลดแรงในแนวดิ่งเพื่อลดความเสียหายของระบบช่วงล่างของรถยนต์และช่วยยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานยิ่งขึ้นนั่น

บทที่ 4

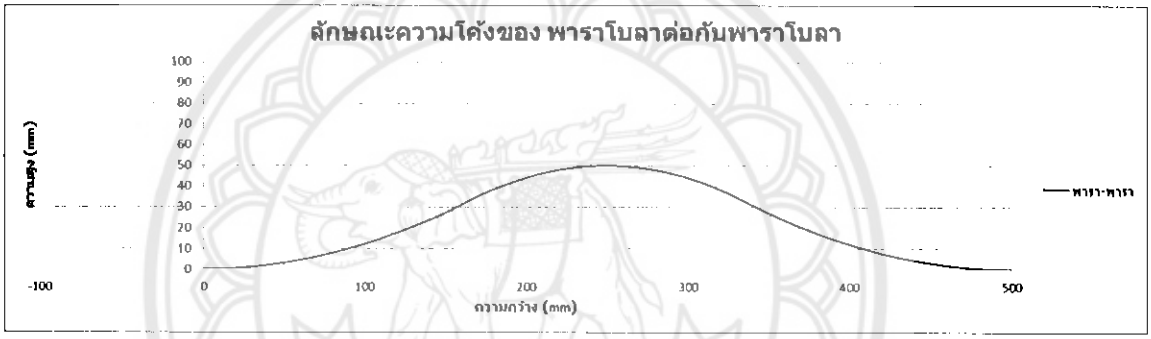
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปการวิเคราะห์ผล

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในหัวข้อ 4.5 นั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

รูปแบบและขนาดสันชะลอความเร็วที่ได้ผลแรงน้อยที่สุดจากทั้ง 3 รูปแบบ คือ รูปแบบพาราโบลาต่อพาราโบลา ดังรูปที่ 38

4.1.1 พาราโบลาต่อกับพาราโบลา



รูปที่ 38 รูปแบบโปรไฟล์พาราโบลาต่อกับพาราโบลา

จะได้แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 471.0918 นิวตันและจะได้รูปแบบสมการความโค้งที่เหมาะสม คือ

$$f(x) = if\left[|x-H| \le a, \frac{(x-H)^2}{4\cdot c} + 50, \frac{(|x-H|-H)^2}{4\cdot b}\right] \qquad (4\text{-}9)$$

โดยที่ x คือ ระยะระยะตามแนวแกนนอน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

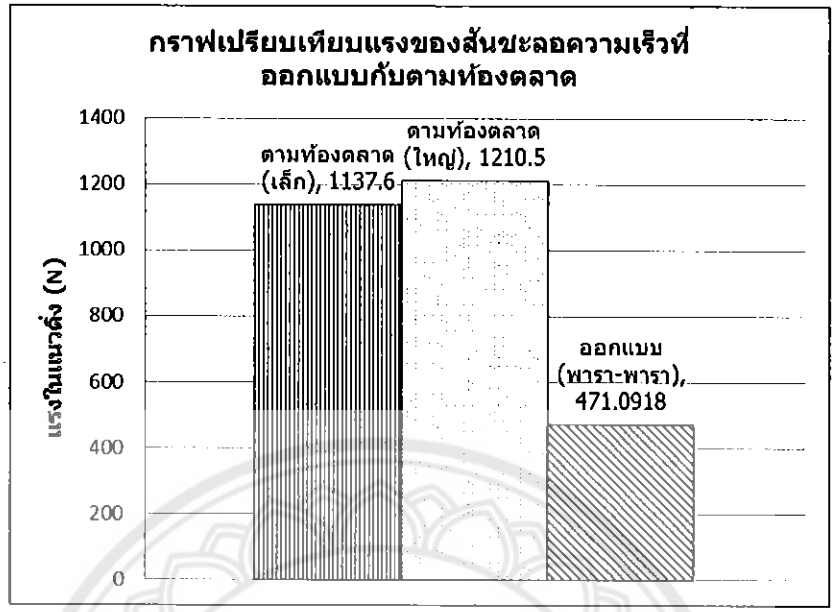
W คือ ความกว้างของฐานสันชะลอความเร็วซึ่งมีค่าเท่ากับ 499.9985 มิลลิเมตร

H คือ ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างของฐาน (W/2)

a คือ ตำแหน่งที่เส้นโค้งสองเส้นต่อกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 84.5758 มิลลิเมตร ไปตามแนวแกนนอน

b คือ ตัวแปรต้นหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่หนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 206.4805 มิลลิเมตร

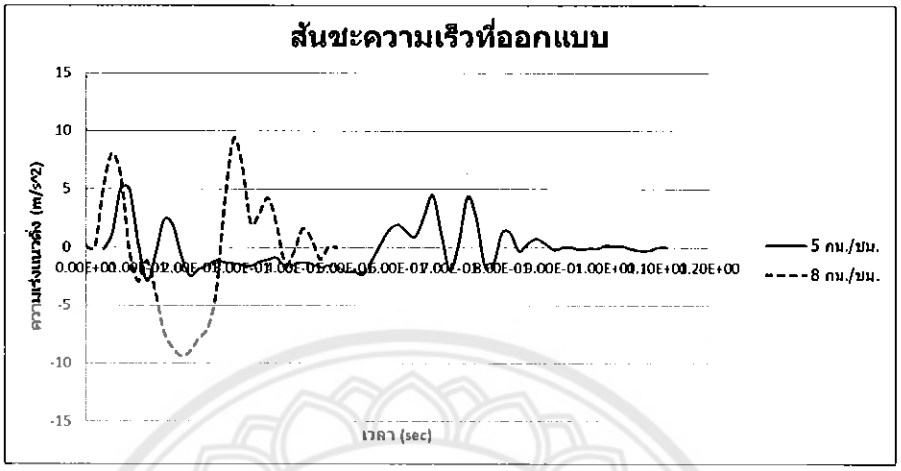
c คือ ตัวแปรตามหรือระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่สอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ -105.6591 มิลลิเมตร



รูปที่ 39 กราฟการเปรียบเทียบแรงในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและตามท้องตลาด โดยใช้ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 39 เป็นการเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นระหว่างสันชะลอความเร็วที่ขายตามท้องตลาดกับสันชะลอความเร็วที่ออกแบบขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าสันชะลอความเร็วที่ออกแบบนั้นจะเกิดแรงกระแทกน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 471.0918 นิวตัน ทั้งนี้เนื่องจากออกแบบนั้นได้คำนึงถึงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมและช่วยลดแรงกระแทกนั้น

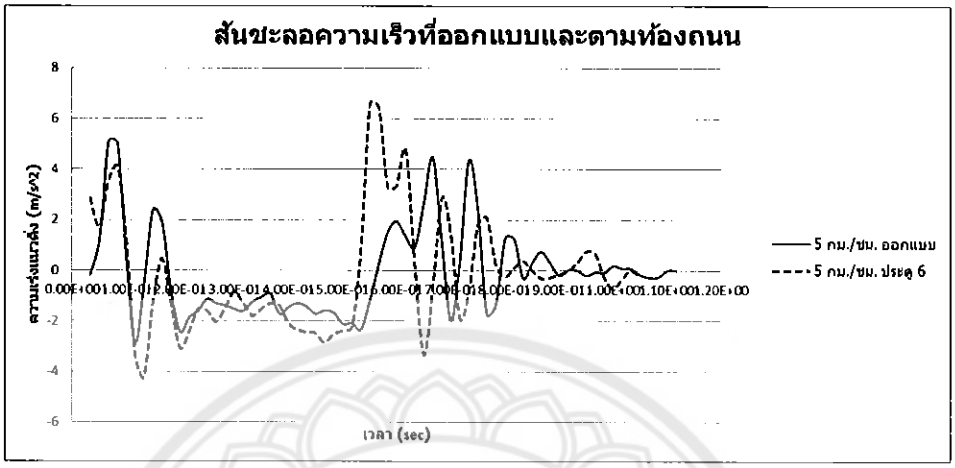
การทดสอบโดยนำรถยนต์วิ่งผ่านสันชะลอความเร็วและวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Tracking Result Analysis เพื่อวิเคราะห์หาความเร่งในแนวดิ่ง



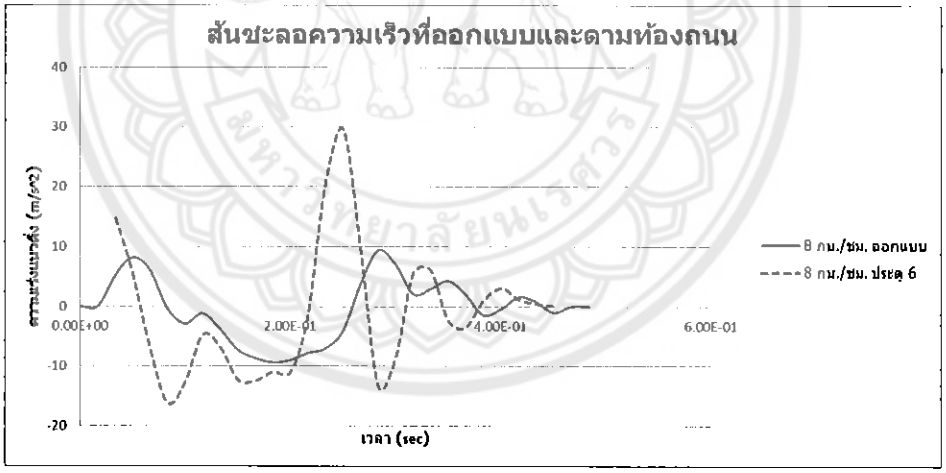
รูปที่ 40 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ โดยใช้ความเร็วระหว่าง 5 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 40 เป็นการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งที่เกิดขึ้นของสันชะลอความเร็วที่ได้ออกแบบ ซึ่งเป็นการทดสอบโดยใช้ความเร็วระหว่าง 5 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะพบว่าเมื่อใช้ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะมีค่าความเร่งในแนวดิ่งที่สูงกว่าเมื่อใช้ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากความเร่งในแนวดิ่งนั้นจะแปรผันตรงกับแรงในแนวดิ่ง จึงสามารถสรุปได้ว่าเมื่อใช้ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะเกิดแรงในแนวดิ่งที่มากกว่าเมื่อใช้ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามความเร็วที่ใช้ทดสอบนั้นยังอยู่ในขอบเขตกฎหมายของกรมโยธาธิการและผังเมืองคือ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เปรียบเทียบสันชะลอความเร็วที่ออกแบบกับที่ใช้ทั่วไปตามท้องถนนโดยใช้ความเร็วเดียวกัน



รูปที่ 41 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและที่ใช้ตามท้องถนน โดยใช้ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 42 กราฟการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบและที่ใช้ตามท้องถนน โดยใช้ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 41 และรูปที่ 42 เป็นการเปรียบเทียบความเร่งในแนวดิ่งที่เกิดขึ้นของสันชะลอความเร็วที่ได้ออกแบบกับสันชะลอความเร็วที่ใช้ตามท้องถนน ซึ่งเป็นการทดสอบโดยใช้ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะพบว่าสันชะลอความเร็วที่ได้ออกแบบนั้นเกิดความเร่งในแนวดิ่งน้อยกว่าสันชะลอความเร็วที่ใช้ตามท้องถนน นั่นคือแรงกระแทกที่เกิดขึ้นกับสัน

ชะลอความเร็วที่ออกแบบจะมีค่าน้อยกว่าสันชะลอความเร็วที่ใช้ตามท้องถนนด้วยเช่นกัน เนื่องจากลักษณะความโค้งที่ใช้ตามท้องถนนนั้นมีรูปแบบที่ไม่แน่นอนและยังไม่ได้มาตรฐานตามที่ควร

4.2 สรุปผลการศึกษา

จากการการออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาด เพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ ภายใต้เงื่อนไข ความชันเริ่มต้นและสุดท้ายเป็นศูนย์ พบว่ารูปแบบสันชะลอความเร็วที่ดีที่สุด คือรูปแบบพาราโบลาต่อกับพาราโบลาที่มีขนาดความกว้าง 500 มิลลิเมตร และขนาดความสูง 50 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นสันชะลอความเร็วที่มีแรงกระทำในแนวดิ่งน้อยที่สุด และเป็นการลดความเสียหายเนื่องจากแรงในแนวดิ่งที่กระทำต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์ อีกทั้งยังช่วยยืดอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นอีกด้วย

4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ควรสร้างสันชะลอความเร็วที่มีขนาดตามมาตรฐานโดยคำนึงถึงลักษณะความโค้งที่เหมาะสม เพื่อที่จะทำให้ลดความเสียหายแก่ช่วงล่างของยานพาหนะ และเพื่อการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

4.3.2 ควรใช้ความเร็วเมื่อสัญจรผ่านสันชะลอความเร็วตามที่กฎหมายของกรมโยธาธิการและผังเมืองกำหนดคือความเร็วประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งถ้าใช้ความเร็วเมื่อสัญจรผ่านสันชะลอความเร็วที่ออกแบบมากกว่า 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกถึงแรงกระแทกและเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุในการขับขี่ได้

4.3.3 สันชะลอความเร็วควรมีความสูงมากกว่า 50 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 75 มิลลิเมตร เนื่องจากถ้ามีความสูงต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร จะทำให้ผิดจุดประสงค์ นั่นคือไม่สามารถชะลอความเร็วของยานพาหนะได้

ภาคผนวก

1. ตารางแสดงสัญลักษณ์

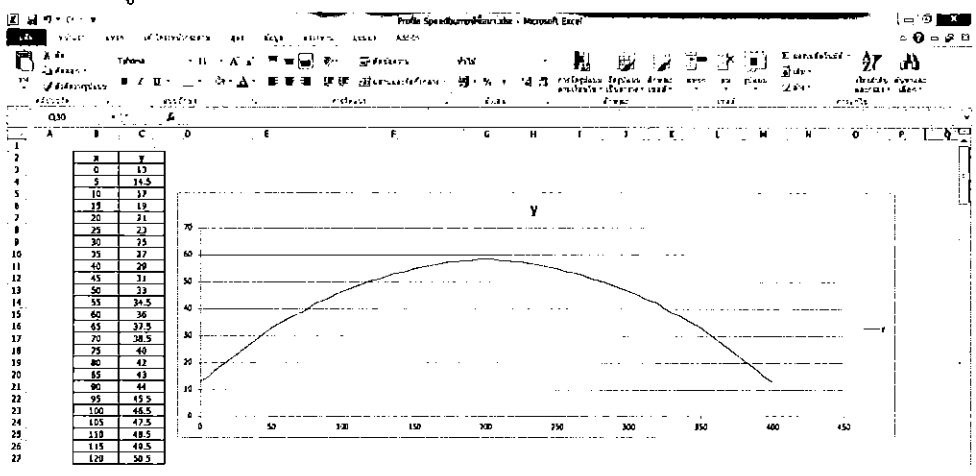
สัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
M	มวล	กิโลกรัม
c	ค่าคงทีของตัวหน่วง	นิวตันวินาทีต่อเมตร
k	ค่าคงที่ของสปริง	นิวตันต่อเมตร
$\ddot{x}$	ความเร่ง	เมตรต่อวินาทีกำลังสอง
$\dot{x}$	ความเร็ว	เมตรต่อวินาที
x	ระยะทางการเคลื่อนที่	เมตร
w	ความสูงของสันชะลอความเร็วที่รถยนต์เคลื่อนที่ผ่าน	เมตร

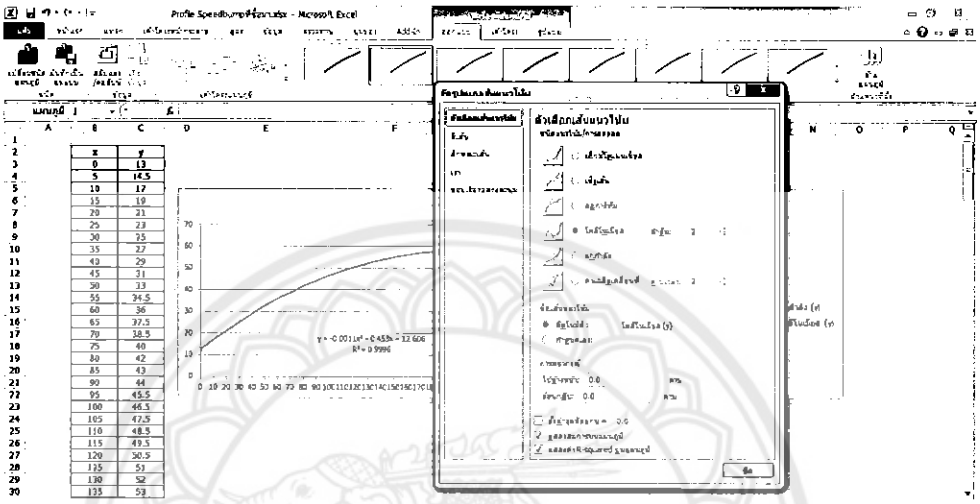
2. ตัวอย่างกระบวนการหาสมการความโค้งของสันชะลอความเร็วที่เลือกซื้อ

2.1 จากรูปที่ 13 เป็นขั้นตอนการถอดแบบโปรไฟล์ความโค้งของสันชะลอความเร็วที่เลือกซื้อตามท้องตลาด โดยเป็นการวัดความสูงของฐานไปยังผิวโปรไฟล์ความโค้งของสันชะลอความเร็ว ซึ่งกำหนดความละเอียดของการวัดคือ 5 มิลลิเมตร

2.2 นำระยะที่ได้ นั่นคือระยะตามแนวแกน x และ y ใส่ในโปรแกรม Excel จากนั้นทำการพล็อตกราฟ ดังรูปด้านล่าง



2.3 เนื่องจากกราฟที่ได้ยังไม่ราบเรียบและยากต่อการหาสมการความสัมพันธ์ จึงทำการสร้างเส้นแนวโน้มขึ้นโดยสังเกตจากค่า r^2 ให้ใกล้เคียง 1 ที่สุด ซึ่งหมายความว่าจะได้เส้นแนวโน้มที่สมบูรณ์ที่สุด ดังรูปด้านล่าง

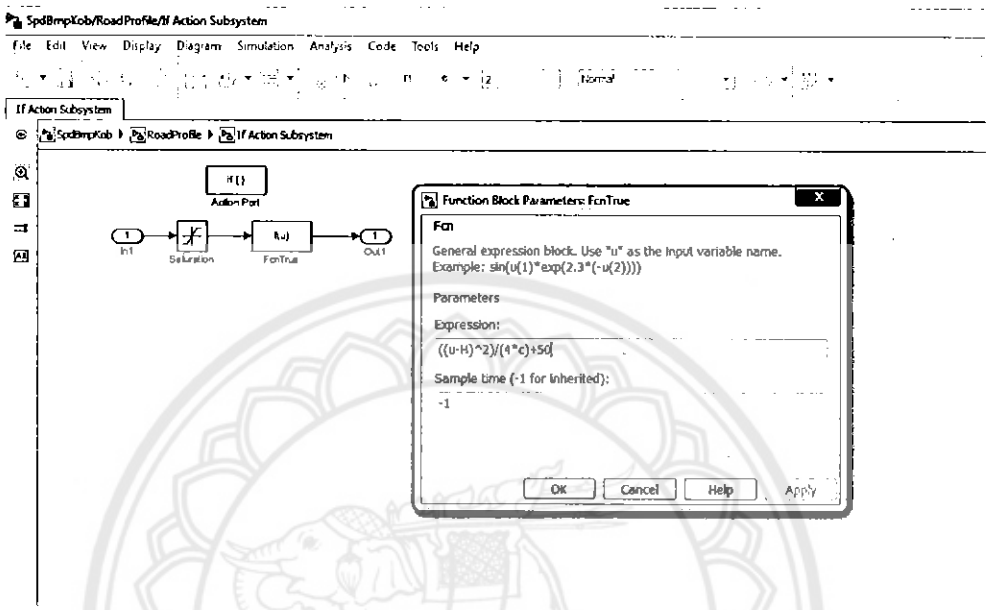


2.4 จากขั้นตอนดังกล่าวจะได้สมการเส้นโค้งของรูปแบบความโค้งของสันชะลอความเร็วที่เลือกซื้อตามท้องตลาด และจะนำสมการดังกล่าวไปใส่ในโปรแกรม MATLAB (Simulink) เพื่อทำการทดสอบแรงที่เกิดขึ้นต่อไป

3. ตัวอย่างกระบวนการหาสมการความโค้งที่ออกแบบ ในตัวอย่างต่อไปนี้คือลักษณะเส้นโค้งของพาราโบลาต่อกับพาราโบลา โดยใช้โปรแกรม MathCAD

3.1 จากรูปที่ 23 คือตัวอย่างการเขียนคำสั่งในโปรแกรม MathCAD โดยจะต้องใช้สมการพื้นฐานของพาราโบลา (ถ้าเป็นเส้นโค้งรูปแบบอื่นก็ใช้สมการพื้นฐานของเส้นโค้งนั้น ๆ) จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์เส้นโค้งทั้งสองเส้นมาสัมพันธ์กัน โดยจุดที่มาเชื่อต่อกันมีความชันเท่ากันและเป็นตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งกำหนดค่าตัวแปรต้นคือค่า b และค่า c โดยที่ค่า b คือ ระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่หนึ่ง และค่า c คือ ระยะโฟกัสของเส้นโค้งที่สอง โดยโปรแกรมจะทำการประมวลผลและแสดงสมการความสัมพันธ์ออกมา ทั้งนี้สมการที่ได้นั้นอาจจะไม่ใช่สมการที่ดีที่สุด ซึ่งจะต้องนำสมการดังกล่าวไปจำลองในฟังก์ชัน Genetic Algorithm (GA) ต่อไป ส่วนข้อดีของโปรแกรม MathCAD อีกอย่าง คือ จะสามารถเห็นภาพรวมของรูปแบบโปรไฟล์ได้ง่าย ซึ่งเรานำจุดนี้มาเป็นประโยชน์ในการหาค่าเริ่มต้นของการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ เนื่องจากการกำหนดค่าเริ่มต้นในโปรแกรม MATLAB นั้นมีความสำคัญต่อสมการความสัมพันธ์ของเส้นโค้งมาก

3.2 นำสมการดังกล่าวใส่ในโปรแกรม MATLAB (Simulink) เพื่อทำการจำลองการเคลื่อนที่ต่อไป ดังรูปด้านล่าง

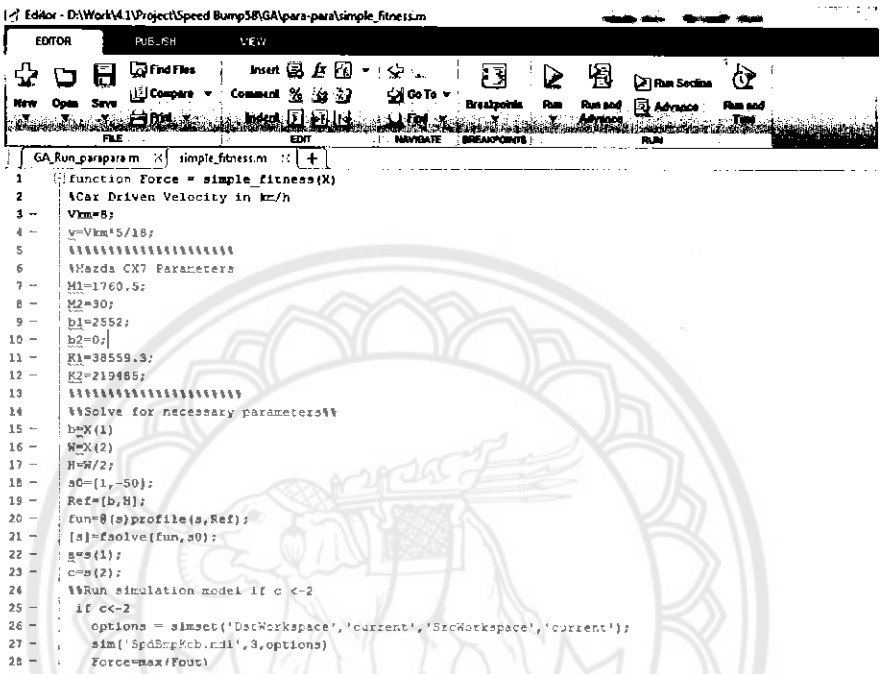


4. กระบวนการใช้ฟังก์ชัน Genetic Algorithm (GA) ของโปรแกรม MATLAB

การเขียนคำสั่งฟังก์ชัน Genetic Algorithm (GA) จะใช้ข้อมูลที่เชื่อมโยงกันทั้งหมด 2 ส่วน คือ ส่วน simple_fitness และ ส่วน Profile

โดยส่วนของ simple_fitness คือ ส่วนที่กำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ในการจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ เช่น ค่าความเร็วของรถยนต์ ค่ามวลของ Sprung mass, Unsprung mass

ค่าคงที่ของสปริง และค่าความหน่วงของ Damping เป็นต้น รวมถึงการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ เพื่อใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ดังกล่าว ดังรูปด้านล่าง ซึ่งส่วนของ profile นั้น ได้จากขั้นตอนที่ 2 ที่กล่าวมาข้างต้น



การใช้ฟังก์ชัน Genetic Algorithm (GA) เป็นการดึงข้อมูลจาก simple_fitness และ Profile มากำหนดเงื่อนไขเพื่อเป็นขอบเขตในการจำลองการเคลื่อนที่ เช่น การกำหนดจำนวนรอบในการจำลองการเคลื่อนที่ซ้ำ และการกำหนดความละเอียดของตัวแปร ถ้ากำหนดความละเอียดมากจะได้ค่าคำตอบที่มีความแม่นยำที่มากยิ่งขึ้น จากผลการ Run โปรแกรมซ้ำหลาย ๆ รอบนั้น จะทำให้ได้รูปแบบความโค้งที่ทำให้เกิดแรงน้อยที่สุด

5. ข้อมูลการทดสอบความเร่งในแนวดิ่งโดยใช้โปรแกรม Tracking Result Analysis

5.1 ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบโมเดลสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ ที่ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

t	x	y	v_{x}	v_{y}	a_{y}
0.00E+00	1.10E-04	1.72E-04			
1.67E-02	2.04E-02	1.23E-03	1.19E+00	7.57E-02	
3.34E-02	3.98E-02	2.70E-03	1.18E+00	8.18E-02	-1.76E-01
5.01E-02	5.96E-02	3.96E-03	1.18E+00	6.74E-02	1.19E+00
6.67E-02	7.91E-02	4.95E-03	1.12E+00	1.12E-01	5.11E+00
8.34E-02	9.69E-02	7.71E-03	1.07E+00	2.43E-01	5.01E+00
1.00E-01	1.15E-01	1.31E-02	1.09E+00	2.97E-01	3.51E-01
1.17E-01	1.33E-01	1.76E-02	1.06E+00	2.42E-01	-2.90E+00
1.33E-01	1.50E-01	2.11E-02	9.76E-01	1.96E-01	-6.07E-01
1.50E-01	1.66E-01	2.42E-02	9.53E-01	2.18E-01	2.38E+00
1.67E-01	1.82E-01	2.84E-02	9.65E-01	2.83E-01	1.95E+00
1.84E-01	1.98E-01	3.36E-02	9.11E-01	2.90E-01	-7.52E-01
2.00E-01	2.13E-01	3.81E-02	8.74E-01	2.49E-01	-2.43E+00
2.17E-01	2.27E-01	4.19E-02	8.62E-01	2.11E-01	-1.88E+00
2.34E-01	2.41E-01	4.51E-02	8.26E-01	1.84E-01	-1.60E+00
2.50E-01	2.55E-01	4.81E-02	8.08E-01	1.61E-01	-1.14E+00
2.67E-01	2.68E-01	5.05E-02	8.33E-01	1.42E-01	-1.31E+00

5.2 ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบโมเดลสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ ที่ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

t	x	y	v_{x}	v_{y}	a_{y}
0.00E+00	-1.83E-04	-1.89E-04	0	0	0
1.67E-02	3.72E-02	6.06E-04	2.22E+00	1.21E-01	0
3.34E-02	7.38E-02	3.84E-03	2.19E+00	1.98E-01	5.21E+00
5.01E-02	1.10E-01	7.20E-03	2.17E+00	2.75E-01	8.10E+00
6.67E-02	1.46E-01	1.30E-02	2.12E+00	4.71E-01	6.14E+00
8.34E-02	1.81E-01	2.29E-02	2.10E+00	5.15E-01	-3.29E-01
1.00E-01	2.16E-01	3.02E-02	2.12E+00	4.22E-01	-2.90E+00
1.17E-01	2.52E-01	3.70E-02	2.09E+00	4.23E-01	-1.18E+00
1.33E-01	2.86E-01	4.43E-02	2.05E+00	3.96E-01	-3.87E+00
1.50E-01	3.20E-01	5.02E-02	2.07E+00	2.88E-01	-7.28E+00
1.67E-01	3.55E-01	5.39E-02	2.06E+00	1.51E-01	-8.65E+00
1.84E-01	3.89E-01	5.52E-02	2.04E+00	-7.99E-04	-9.36E+00
2.00E-01	4.23E-01	5.39E-02	2.05E+00	-1.61E-01	-8.97E+00
2.17E-01	4.57E-01	4.99E-02	2.07E+00	-3.04E-01	-7.81E+00
2.34E-01	4.92E-01	4.38E-02	2.09E+00	-4.19E-01	-7.02E+00
2.50E-01	5.27E-01	3.59E-02	2.08E+00	-5.36E-01	-4.01E+00
2.67E-01	5.61E-01	2.59E-02	2.05E+00	-5.67E-01	3.86E+00

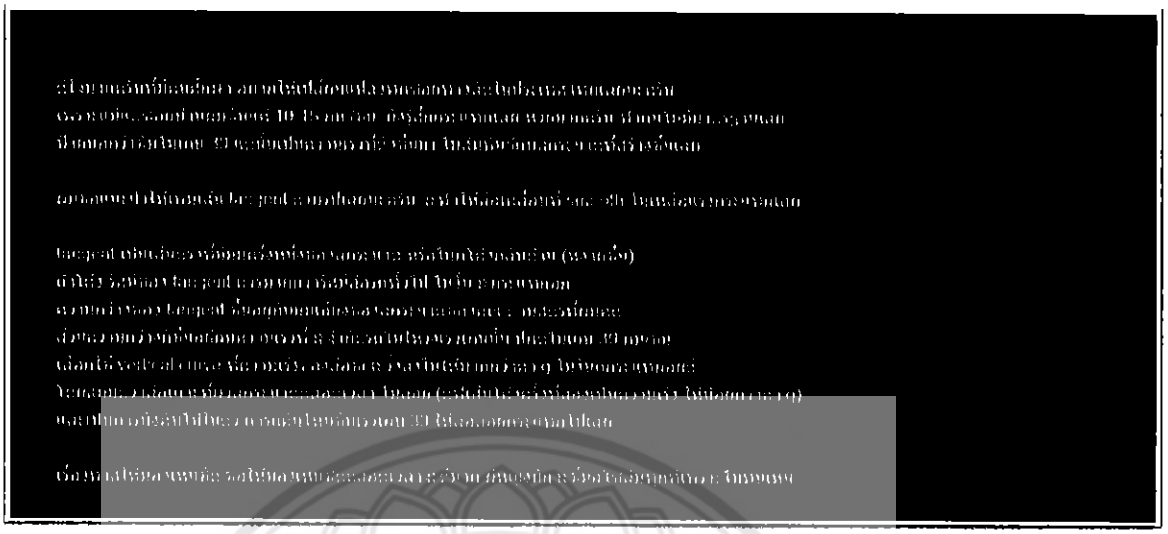
5.3 ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบสันชะลอความเร็วที่ใช้ตามท้องถนน (ประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร) ที่ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

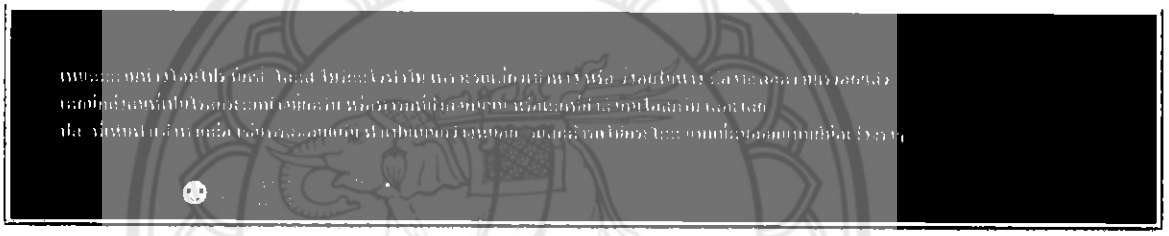
t	x	y	v_{x}	v_{y}	a_{y}
0.00E+00	3.11E-04	9.80E-05			
1.67E-02	1.96E-02	1.18E-03	1.12E+00	1.29E-01	
3.34E-02	3.78E-02	4.40E-03	1.11E+00	2.03E-01	2.86E+00
5.01E-02	5.67E-02	7.95E-03	1.13E+00	2.17E-01	1.73E+00
6.67E-02	7.55E-02	1.16E-02	1.08E+00	2.56E-01	3.57E+00
8.34E-02	9.29E-02	1.65E-02	1.06E+00	3.39E-01	4.06E+00
1.00E-01	1.11E-01	2.29E-02	1.10E+00	3.99E-01	1.28E+00
1.17E-01	1.30E-01	2.98E-02	1.07E+00	3.82E-01	-3.33E+00
1.33E-01	1.47E-01	3.57E-02	9.80E-01	2.87E-01	-4.23E+00
1.50E-01	1.62E-01	3.94E-02	9.64E-01	2.25E-01	-1.31E+00
1.67E-01	1.79E-01	4.32E-02	9.81E-01	2.51E-01	4.62E-01
1.84E-01	1.95E-01	4.77E-02	9.41E-01	2.50E-01	-1.28E+00
2.00E-01	2.10E-01	5.15E-02	9.06E-01	2.02E-01	-3.06E+00
2.17E-01	2.25E-01	5.45E-02	9.30E-01	1.48E-01	-2.41E+00
2.34E-01	2.41E-01	5.65E-02	9.28E-01	1.17E-01	-1.54E+00
2.50E-01	2.56E-01	5.84E-02	9.12E-01	1.02E-01	-1.59E+00
2.67E-01	2.72E-01	5.99E-02	9.24E-01	6.38E-02	-2.02E+00
2.84E-01	2.87E-01	6.05E-02	9.37E-01	3.03E-02	-1.45E+00
3.00E-01	3.03E-01	6.09E-02	9.24E-01	1.74E-02	-8.42E-01
3.17E-01	3.18E-01	6.11E-02	9.19E-01	3.31E-03	-1.30E+00
3.34E-01	3.33E-01	6.10E-02	9.53E-01	-2.53E-02	-1.78E+00
3.50E-01	3.50E-01	6.02E-02	9.68E-01	-5.85E-02	-1.52E+00

5.4 ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบสันชะลอความเร็วที่ใช้ตามท้องถนน (ประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร) ที่ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

t	x	y	v_{x}	v_{y}	a_{y}
0.00E+00	2.75E-04	-1.65E-04			
1.67E-02	4.48E-02	1.09E-03	2.55E+00	2.92E-01	
3.34E-02	8.53E-02	9.56E-03	2.45E+00	6.10E-01	1.47E+01
5.01E-02	1.27E-01	2.14E-02	2.60E+00	7.72E-01	5.68E+00
6.67E-02	1.72E-01	3.53E-02	2.66E+00	8.06E-01	-6.78E+00
8.34E-02	2.15E-01	4.83E-02	2.50E+00	5.61E-01	-1.61E+01
1.00E-01	2.55E-01	5.40E-02	2.45E+00	2.27E-01	-1.27E+01
1.17E-01	2.97E-01	5.59E-02	2.58E+00	1.33E-01	-4.77E+00
1.33E-01	3.41E-01	5.85E-02	2.58E+00	9.83E-02	-6.85E+00
1.50E-01	3.83E-01	5.92E-02	2.45E+00	-9.54E-02	-1.22E+01
1.67E-01	4.23E-01	5.53E-02	2.46E+00	-3.27E-01	-1.24E+01
1.84E-01	4.65E-01	4.82E-02	2.59E+00	-5.06E-01	-1.09E+01
2.00E-01	5.09E-01	3.84E-02	2.57E+00	-6.88E-01	-1.10E+01
2.17E-01	5.51E-01	2.53E-02	2.51E+00	-8.75E-01	-1.65E+00
2.34E-01	5.93E-01	9.20E-03	2.55E+00	-7.81E-01	2.05E+01
2.50E-01	6.36E-01	-7.62E-04	2.54E+00	-1.86E-01	2.96E+01
2.67E-01	6.78E-01	3.00E-03	2.47E+00	2.88E-01	9.29E+00
2.84E-01	7.18E-01	8.85E-03	2.45E+00	1.17E-01	-1.32E+01
3.00E-01	7.60E-01	6.89E-03	2.49E+00	-2.16E-01	-8.59E+00

6. ตัวอย่างกระทู้คำแนะนำและปัญหาเกี่ยวกับสันชะลอความเร็วที่พบ





อ้างอิง

[1] พีรพล. *การออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ.* พิษณุโลก : พีรพล, 2558.

[2] Yan Cui and Thomas R.Kurfess. *Vehicle Parameter Identification for Vertical Dynamics.*

[3] ผาเจริญ, ทัศวรรณ. การศึกษาความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเมื่อขับขี่ผ่านเนินชะลอความเร็ว. [ออนไลน์] [สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2558.] www.atransociety.com/2016/pdf/.../FullPaper/2D/SCS12-023.pdf.

[4] วีระยุทธ นันทวัฒน์. การประยุกต์ใช้จีเนติกอัลกอริทึมเพื่อการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PID. [ออนไลน์] [สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558.] http://203.158.6.11:8080/sutir/bitstream/123456789/3752/2/fulltext.pdf.

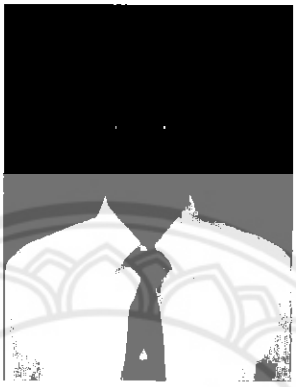
[5] การสั่นสะเทือน. [ออนไลน์] [สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2558.] http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~rchanat/2103433%20Intro%20Mech%20Vib/documents/Ch1_Introduction.pdf.

[6] แผนภาพระบบช่วงล่าง. [ออนไลน์] [สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2558.] http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=Suspension&section=SimulinkModelin. [%1.

[7] วิธีเชิงพันธุกรรม. [ออนไลน์] [สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2558.] http://www.st.kmutt.ac.th/~s8530007/student_files/Computation%20AI/Chapter3GeneticAlgorithm.pdf.

[8] มาตรฐาน มยผ.2301-56. [ออนไลน์] 2556. [สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2558.] http://eservices.dpt.go.th/eservice_5/standard/data/sdw/Final_Printing.pdf .

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



ชื่อ : นายกมล แก้วพัด

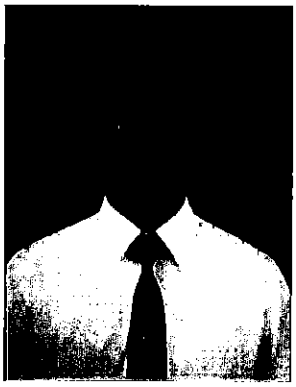
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

วัน เดือน ปี เกิด : 12 กรกฎาคม 2537

ประวัติการศึกษา

มัธยมศึกษา	: โรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม	จ.เพชรบูรณ์
ปริญญาตรี	: มหาวิทยาลัยนเรศวร	จ.พิษณุโลก

ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2558



ชื่อ : นายสรวีย์ พรหมเสน

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

วัน เดือน ปี เกิด : 23 ธันวาคม 2536

ประวัติการศึกษา มัธยมศึกษา : โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย จ.ลำปาง

ปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2558

ชื่อ : นายสุทธิพงศ์ เนืองศิลป

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

วัน เดือน ปี เกิด : 21 กรกฎาคม 2537

ประวัติการศึกษา มัธยมศึกษา : โรงเรียนบ้างแก่งวิทยา จ.สุโขทัย

ปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2558